

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 2 5 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 8 3 1 2 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 8 3 1 2 5]

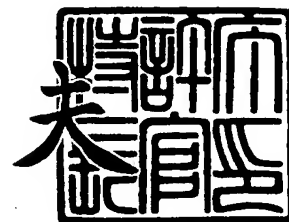
出 願 人 富 士 写 真 フ ィ ル ム 株 式 会 社
Applicant(s):

Yuichi TERAMURA, et al. Q80678
METHOD FOR ADJUSTING ALIGNMENT OF
LASER BEAMS IN COMBINED-LASER-LIGHT
SOURCE WHERE THE LASER BEAMS ARE....
Filing Date: March 25, 2004
Darryl Mexic 202-293-7060
(1)

2 0 0 3 年 1 0 月 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 P27595J

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 26/10

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

 【氏名】 寺村 友一

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

 【氏名】 岡崎 洋二

【特許出願人】

 【識別番号】 000005201

 【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100073184

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 柳田 征史

【選任した代理人】

 【識別番号】 100090468

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 佐久間 剛

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 008969

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 合波レーザ光調芯方法およびレーザ光合波光源

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の半導体レーザから射出された各レーザ光束からなる全体光束を光束収束手段を通して収束させ、前記全体光束を 1 本の光ファイバの入射端のコア部に入射させて該光ファイバ中に合波させ、前記全体光束を前記光ファイバの射出端から射出させるレーザ光合波光源に適用する合波レーザ光調芯方法であって、

前記レーザ光合波光源が定常温調状態にあるときに、前記コア部への前記全体光束の入射中心位置が該コア部の中心を通る直径方向に移動するように前記光ファイバの入射端を該入射端の端面に対して平行な方向に移動させて、該光ファイバの射出端から射出される前記全体光束の光強度を求め、前記光ファイバの入射端の移動によって得られる前記射出端から射出される前記全体光束の最大光強度より小さな特定の光強度となる前記入射端の 2 つのコア軸位置を定めて、前記 2 つのコア軸位置の中心に前記光ファイバのコア軸を位置させることを特徴とする合波レーザ光調芯方法。

【請求項 2】 複数の半導体レーザから射出された各レーザ光束からなる全体光束を 1 つの収束レンズを通して収束させ、前記全体光束を 1 本の光ファイバの入射端のコア部に入射させて該光ファイバ中に合波させ、前記全体光束を前記光ファイバの射出端から射出させるレーザ光合波光源に適用する合波レーザ光調芯方法であって、

前記レーザ光合波光源が定常温調状態にあるときに、前記コア部への前記全体光束の入射中心位置が該コア部の中心を通る直径方向に移動するように前記収束レンズを該収束レンズの光軸に直交する方向に移動させて、前記光ファイバの射出端から射出される前記全体光束の光強度を求め、前記収束レンズの移動によって得られる前記射出端から射出される前記全体光束の最大光強度より小さな特定の光強度となる前記収束レンズの 2 つの光軸位置を定めて、前記 2 つの光軸位置の中心に前記収束レンズの光軸位置を位置させることを特徴とする合波レーザ光調芯方法。

【請求項 3】 複数の半導体レーザと、1本の光ファイバと、前記複数の半導体レーザから射出された各レーザ光束からなる全体光束を収束させて前記光ファイバのコア部に入射させる光束収束手段とを備え、前記光ファイバ中に合波された前記全体光束を該光ファイバを通して射出するレーザ光合波光源であって、

定常調状態において、前記全体光束が、前記コア部の径の略 $1/2$ 以下の径を有する該コア部端面の同心領域に入射されるように構成されていることを特徴とするレーザ光合波光源。

【請求項 4】 前記半導体レーザが GaN 系の半導体レーザであることを特徴とする請求項 3 記載のレーザ光合波光源。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、合波レーザ光調芯方法およびレーザ光合波光源に関し、詳しくは、複数の半導体レーザから射出された各レーザ光束を光ファイバ中に合波させる合波レーザ光調芯方法、および複数の半導体レーザから射出された各レーザ光束を光ファイバ中に合波させてこの光ファイバからレーザ光束を射出するレーザ光合波光源に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来より、複数の半導体レーザから射出されたレーザ光束の各光束からなる全体光束を収束させて1本の光ファイバに入射させ合波させてこの光ファイバから高出力のレーザ光束を射出させるレーザ光合波光源（例えば、特許文献1）が知られている。また、レーザ光束を感光材料上に照射してこの感光材料を露光する露光装置等も知られている（例えば、特許文献2）。

【0003】

【特許文献1】

特開 2002-202442 号公報

【0004】

【特許文献2】

特開 2000-338432 号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、露光装置の処理速度を向上させるためには露光光源の出力を高める必要があり、装置を大型化することなく処理速度を向上させるために、上記レーザ光束を合波して高出力を得るレーザ光合波光源を上記露光光源に利用することが考えられるが、露光装置本体の寿命に比して半導体レーザの寿命が短い（例えば 10000 時間程度）ため、露光装置の稼動時間中の感光材料を露光するときのみ半導体レーザを点灯してレーザ光合波光源からレーザ光束の出力を得、その他のときには半導体レーザを消灯して、半導体レーザの見かけ上の寿命を露光装置本体の寿命に近づけたいという要請がある。

【0006】

しかしながら、半導体レーザを一旦消灯すると、再びこの半導体レーザを点灯したときに、レーザ光合波光源から射出されるレーザ光束の出力が安定し使用可能となるまで、すなわち、光源の立上りを待ってからレーザ光束を使用することになる。そのため、露光装置の稼動を妨げることなく、感光材料を露光するときのみ半導体レーザを点灯させることが難しいという問題がある。

【0007】

例えば、1つのモジュール内において7つのレーザ光束を合波して出力するレーザ光合波光源から 150 mW のレーザ光出力を得ようとする場合には、半導体レーザを点灯してからこの光源が立上がるまでの光源の立上がり時間が 1 分程度となることが発明者の実験で確認されている。露光装置の稼動を妨げることなくレーザ光合波光源の半導体レーザの点灯・消灯を実施するには上記光源の立上り時間を 1 秒程度とすることが望まれる。また、露光装置の生産性を高めるために、露光光源をさらに高出力化することが求められているが、高出力になるほどこの露光光源の立上がり時間が長くなることが確認されている。また、1つのモジュール内において7つのレーザ光束を合波する際には、各レーザ光束がばらつかないように合波することが求められる。

【0008】

また、例えば、複数の GaN 系半導体レーザを合波させてレーザ光束を出力するレーザ光合波光源は、発振波長が短く、感光材料への高精細な露光を行なう光源として適しているが、上記 GaN 系半導体レーザを点灯してからこのレーザ光合波光源が立上がるまでに長時間を要することが発明者の実験により確認されている。

【0009】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、光源の立上がり時間を短縮することができる合波レーザ光調芯方法およびレーザ光合波光源を提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1の合波レーザ光調芯方法は、複数の半導体レーザから射出された各レーザ光束からなる全体光束を光束収束手段を通して収束させ、この光束収束手段を通して収束した前記全体光束を1本の光ファイバの入射端のコア部に入射させてこの光ファイバ中に合波させ、前記全体光束を光ファイバの射出端から射出させるレーザ光合波光源に適用する合波レーザ光調芯方法であって、レーザ光合波光源が定常調状態にあるときに、前記コア部への全体光束の入射中心位置がこのコア部の中心を通る直径方向に移動するように光ファイバの入射端をこの入射端の端面に対して平行な方向に移動させて、光ファイバの射出端から射出される全体光束の光強度を求め、前記光ファイバの入射端の移動で得られる前記射出端から射出される全体光束の最大光強度より小さな特定の光強度となる前記入射端の2つのコア軸位置を定めて、2つのコア軸位置の中心に光ファイバのコア軸を位置させることを特徴とするものである。

【0011】

本発明の第2の合波レーザ光調芯方法は、複数の半導体レーザから射出された各レーザ光束からなる全体光束を1つの収束レンズを通して収束させ、この収束レンズを通して収束した前記全体光束を1本の光ファイバの入射端のコア部に入射させてこの光ファイバ中に合波させ、前記全体光束を光ファイバの射出端から射出させるレーザ光合波光源に適用する合波レーザ光調芯方法であって、レーザ

光合波光源が定常温調状態にあるときに、前記コア部への全体光束の入射中心位置がこのコア部の中心を通る直径方向に移動するように前記収束レンズをこの収束レンズの光軸に直交する方向に移動させて、光ファイバの射出端から射出される全体光束の光強度を求め、前記収束レンズの移動で得られる前記射出端から射出される全体光束の最大光強度より小さな特定の光強度となる前記収束レンズの2つの光軸位置を定めて、2つの光軸位置の中心に収束レンズの光軸位置を位置させることを特徴とするものである。

【0012】

本発明のレーザ光合波光源は、複数の半導体レーザと、1本の光ファイバと、前記複数の半導体レーザから射出された各レーザ光束からなる全体光束を収束させて前記光ファイバのコア部に入射させる光束収束手段とを備え、光ファイバ中に合波された全体光束をこの光ファイバを通して射出するレーザ光合波光源であって、定常温調状態において、全体光束が、コア部の径の略 $1/2$ 以下の径を有する該コア部端面の同心領域に入射されるように構成されていることを特徴とするものである。

【0013】

なお、「定常温調状態」とは、上記レーザ光合波光源から射出される光束の出力が使用可能な所定範囲で安定しているときのこのレーザ光合波光源の温調状態を意味するものである。一般にレーザ光合波光源は種々の温調が施されて使用されるが、上記定常温調状態は、例えば、上記レーザ光合波光源に所定の温調が施されているときに半導体レーザを点灯しレーザ光合波光源から射出されるレーザ光束の出力が安定するまで放置することで実現することができる。また、上記半導体レーザを点灯することなく別の方式でレーザ光合波光源を上記と同様の温調状態となるようにして、上記定常温調状態を実現するようにしてもよい。

【0014】

前記半導体レーザは、Ga N系の半導体レーザとすることができる。

【0015】

前記コア部端面の同心領域とは、光ファイバの端面において、コア部の形状と概略相似で、かつ、このコア部と中心位置が一致する領域を意味するものである

。

【0016】

【発明の効果】

本発明者は上記課題に対して、複数の半導体レーザから射出されたレーザ光束を合波して一本の光ファイバから射出するレーザ光合波光源について、上記光源の立上がり時間に注目し種々検討した結果、複数の半導体レーザから射出された各レーザ光束を光ファイバのコア部内に入射させる際の各レーザ光束のコア部への入射位置によって上記光源の立上がり時間が変化するという現象を見出し、各レーザ光束からなる全体光束を入射させる領域をコア部内においてさらに限定する検討を行ない、上記光源の立上がり時間を短縮することができる限定された入射領域がコア部内に存在するとの知見を得、かかる知見に基づいて本発明に至ったものである。

【0017】

なお、一般に、複数のレーザ光束を光ファイバのコア部へ入射させて合波させる際には、各レーザ光束のコア部への入射角を光ファイバの開口数（NA）で定められる入射角以下とし、かつ、レーザ光束がコア部径内に収まるように入射させればよいと考えられていた。

【0018】

本発明の第1の合波レーザ光調芯方法は、レーザ光合波光源が定常温調状態にあるときに、コア部への全体光束の入射中心位置がこのコア部の中心を通る直径方向に移動するように光ファイバの入射端をこの入射端の端面に対して平行な方向に移動させて、この光ファイバの射出端から射出される全体光束の光強度を求め、光ファイバの入射端の移動によって得られる上記全体光束の最大光強度より小さな特定の光強度となる上記入射端の2つのコア軸位置を定めて、2つのコア軸位置の中心に前記光ファイバのコア軸を位置させるようにしたので、光ファイバのコア部内の中央に位置する限定された同心領域に上記全体光束をより正確に入射させることができる。これにより、上記光源の立上がり時間を短縮することができる。

【0019】

すなわち、コア部への全体光束の入射中心位置がこのコア部の中心を通る直径方向に移動するように光ファイバの入射端をこの入射端の端面に対して平行な方向に移動させて、この光ファイバの射出端から射出される全体光束の光強度を求めると、この全体光束の光強度は上記最大光強度を間に挟んで対称となる単調増加、単調減少する光強度を示すので、光ファイバの入射端位置が上記最大光強度が得られる入射端位置の近傍に位置する場合には、入射端位置の移動に対する上記射出端から射出される全体光束の光強度の変化が少なかったものが、この光ファイバの入射端位置が最大光強度が得られる位置から外れた場所に位置する場合には、上記入射端位置の移動に対する上記射出端から射出される全体光束の光強度の変化が大きくなって、上記2つのコア軸位置を正確に定めることができる。したがって、上記2つのコア軸位置の中心に光ファイバのコア軸を位置させることにより、光ファイバのコア部内の中央に位置する限定された同心領域に上記全体光束をより正確に入射させることができる。

【0020】

本発明の第2の合波レーザ光調芯方法は、レーザ光合波光源が定常調状態にあるときに、コア部への全体光束の入射中心位置がこのコア部の中心を通る直径方向に移動するように収束レンズをこの収束レンズの光軸に直交する方向に移動させて、光ファイバの射出端から射出される全体光束の光強度を求め、収束レンズの移動によって得られる上記全体光束の最大光強度より小さな特定の光強度となる収束レンズの2つの光軸位置を定めて、2つの光軸位置の中心に収束レンズの光軸位置を位置させるようにしたので、光ファイバのコア部内の中央に位置する限定された同心領域に上記全体光束をより正確に入射させることができる。これにより、上記光源の立上がり時間を短縮することができる。

【0021】

すなわち、コア部への全体光束の入射中心位置がこのコア部の中心を通る直径方向に移動するように収束レンズをこの収束レンズの光軸位置に直交する方向に移動させて、この光ファイバの射出端から射出される全体光束の光強度を求めると、この全体光束の光強度は上記最大光強度を間に挟んで対称となる単調増加、単調減少する光強度を示すので、収束レンズの光軸位置が上記最大光強度が得ら

れる光軸位置の近傍に位置する場合には、上記収束レンズの移動に対する上記射出端から射出される全体光束の光強度の変化が少なかったものが、この収束レンズの光軸位置が最大光強度が得られる位置から外れた場所に位置する場合には、上記光軸位置の移動に対する上記射出端から射出される全体光束の光強度の変化が大きくなり、上記2つの光軸位置をより正確に定めることができる。したがって、上記2つの光軸位置の中心に収束レンズの光軸位置を位置させることにより、光ファイバのコア部内の中央に位置する限定された同心領域に上記全体光束をより正確に入射させることができる。

【0022】

また、上記のように複数のレーザ光束を合波する際には、各レーザ光束がばらつかないように合波することが求められるので、上記第1の合波レーザ光調芯方法および第2の合波レーザ光調芯方法の採用によって上記光源の立上がり時間を短縮する顕著な効果を奏することができる。

【0023】

本発明のレーザ光合波光源は、定常調状態において、全体光束が、コア部の径の略1/2以下の径を有する該コア部端面の同心領域、すなわちコア部端面の中央に位置する限定された同心領域に入射されるように構成されているので、光源の立上がり時間を短縮することができる。

【0024】

また、半導体レーザをGaN系の半導体レーザとすれば、従来のGaN系の半導体レーザを使用したレーザ光合波光源は光源の立上がり時間が長いので、上記光源の立上がり時間を短縮することによる顕著な効果を奏することができる。なお、GaN系以外の一般の半導体レーザの電気-光変換効率が約30%であるのに対して、このGaN系の半導体レーザの電気-光変換効率は約10%であり、この電気-光変換効率の差が原因となり、上記GaN系の半導体レーザを用いたレーザ光合波光源の光源の立上がり時間が長くなっているものと予想される。

【0025】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の合波レーザ光調芯方法およびレーザ光合波光源の実施の形態に

ついて、図面を用いて説明する。なお、上記レーザ光合波光源は後述する露光装置の露光ヘッドの光源等に使用されるものである。図1はレーザ光合波光源の構成を示す平面図、図2はレーザ光合波光源の構成を示す側面図、図3はレーザ光合波光源の構成を示す正面図、図4はレーザ光合波光源を構成する光学要素を示す拡大平面図である。

【0026】

[レーザ光合波光源40の説明]

○レーザ光合波光源40の構成

レーザ光合波光源40は、複数の半導体レーザLD1, LD2, LD3, LD4, LD5, LD6, およびLD7と、1本の光ファイバ30と、上記複数の半導体レーザLD1～LD7から射出された各レーザ光束からなる全体光束を収束させて光ファイバ30のコア部に入射させる光束収束手段であるコリメートレンズ11～17および1つの集光レンズ20とを備え、上記光ファイバ30中に上記全体光束を合波させ、この合波された光束を光ファイバ30を通して射出する。

【0027】

より具体的には、このレーザ光合波光源40は、銅等の熱伝導率の高い材料からなるヒートブロック10上の1方向に並べられて固定された複数（例えば、7個）のチップ状の横マルチモード又はシングルモードのGaN系半導体レーザLD1, LD2, LD3, LD4, LD5, LD6, およびLD7と、GaN系半導体レーザLD1～LD7の各々に対応して設けられたコリメートレンズ11, 12, 13, 14, 15, 16, および17と、コリメートレンズ11～17から射出された各光束の全体を1点に収束させる1つの集光レンズ20と、集光レンズ20で収束された上記全体光束を入射して合波する1本のマルチモード光ファイバ30等とから構成されている。なお、半導体レーザの個数は7個には限定されない。例えば、クラッド径＝125 μ m、コア径＝50 μ m、NA＝0.2のマルチモード光ファイバに、20個の半導体レーザから射出された各レーザ光束を入射することも可能である。

【0028】

GaN系半導体レーザLD1～LD7は、発振波長が総て共通（例えば、405nm）であり、最大出力も総て共通（例えば、マルチモードレーザでは100mW、シングルモードレーザでは30mW）である。なお、GaN系半導体レーザLD1～LD7としては、350nm～450nmの波長範囲において上記405nm以外の発振波長を備えるレーザを用いてもよい。

【0029】

なお、図1、図2および図3に示すように、このレーザ光合波光源40は、上方が開いた箱状のパッケージ41内に上記光学要素を収納したものである。パッケージ41は、その開口を閉じるように作成されたパッケージ蓋49を備えており、箱状のパッケージ41を脱気処理した後、封止ガスを導入してパッケージ41の開口をパッケージ蓋49で閉じることにより、パッケージ41とパッケージ蓋49とで囲まれた閉空間（封止空間）が気密封止されている。

【0030】

パッケージ41の底面上にはベース板42が固定されており、このベース板42の上面には、上記ヒートブロック10と、集光レンズ20を保持する集光レンズホルダー45と、マルチモード光ファイバ30の入射端部を保持するファイバホルダー46とが取り付けられている。マルチモード光ファイバ30の射出端部は、パッケージ41の壁面に形成された開口からパッケージ外に引き出されている。

【0031】

上記ベース板42は、気体や液体等の流体を媒体とした温調手段あるいはペルチェ素子等（図示は省略）により温調されており、露光装置の稼動中は常に一定の温度に保たれる。

【0032】

ヒートブロック10の側面にはコリメートレンズホルダー44が取り付けられており、コリメートレンズ11～17が保持されている。また、パッケージ41の壁面に形成された開口を通してGaN系半導体レーザLD1～LD7に駆動電流を供給する配線47がパッケージ外に引き出されている。

【0033】

なお、図1および図2においては、煩雑化を避けるために、複数のGaN系半導体レーザのうちGaN系半導体レーザLD1およびLD7にのみ番号を付し、複数のコリメートレンズのうちコリメートレンズ1および17にのみ番号を付している。

【0034】

図3は、上記コリメートレンズ11～17の取り付け部分の正面から見た図である。コリメートレンズ11～17の各々は、非球面レンズであり、上記非球面レンズの光軸を含む領域をこの光軸に平行な平面で細長く切り取った形状に形成されている。この細長形状のコリメートレンズは、例えば、樹脂成形又はガラス成形によって形成することができる。コリメートレンズ11～17は、長手方向がGaN系半導体レーザLD1～LD7の発光点が並ぶ方向（図3の左右方向）と直交する向きとなるようにして、上記並び方向（図3の左右方向）に密接配置されている。

【0035】

GaN系半導体レーザLD1～LD7としては、発光幅が $2\mu\text{m}$ の活性層を備え、活性層の表面に対して平行な方向の拡がり角が各々例えば 10° 、活性層の表面に対して直角な方向の拡がり角が各々例えば 30° の状態で作る各々レーザビームB1～B7を発するものが用いられている。

【0036】

これらのGaN系半導体レーザLD1～LD7は、活性層の表面が上記発光点が1列に並ぶ方向と平行になるように配設されている。すなわち、各発光点から発せられたレーザビームB1～B7の拡がり角度が大きい方向が、上記細長形状の各コリメートレンズ11～17の長手方向と一致し、拡がり角度が小さい方向が上記各コリメートレンズ11～17の短手方向と一致する。

【0037】

なお、各コリメートレンズ11～17の長手方向の幅は4.6mm、短手方向の幅が1.1mmであり、それらに対応して入射するレーザビームB1～B7の楕円状のビーム径の長径は2.6mm、短径が0.9mmである。また、コリメートレンズ11～17の各々は、焦点距離 $f=3\text{mm}$ 、 $NA=0.6$ 、レンズ配

置ピッチ = 1.25 mm である。

【0038】

集光レンズ 20 は、非球面レンズの光軸を含む領域をこの光軸に平行な平面で細長く切り取った形状を有し、コリメートレンズ 11 ~ 17 が並ぶ方向にこの集光レンズ 20 の長手方向が一致し、それと直角な方向に集光レンズ 20 の短手方向が一致するように配置されている。

【0039】

なお、この集光レンズ 20 は、焦点距離 $f = 23 \text{ mm}$ 、 $\text{NA} = 0.2$ である。この集光レンズ 20 も、例えば、樹脂成形又はガラス成形により形成することができる。

【0040】

○レーザ光合波光源 40 の動作

上記レーザ光合波光源 40 を構成する GaN 系半導体レーザ LD 1 ~ LD 7 の各々から射出されたレーザビーム B 1, B 2, B 3, B 4, B 5, B 6, および B 7 の各々は、対応するコリメートレンズ 11 ~ 17 によって平行光化される。平行光化されたレーザビーム B 1 ~ B 7 は、集光レンズ 20 によって収束され、マルチモード光ファイバ 30 のコア部 30a の入射端面に入射する。

【0041】

集光レンズ 20 によって上述のように収束されたレーザビーム B 1 ~ B 7 が、このマルチモード光ファイバ 30 のコア部 30a に入射し 1 本のレーザビーム B に合波されて、このマルチモード光ファイバ 30 内を伝搬してマルチモード光ファイバ 30 の射出端から射出される。マルチモード光ファイバ 30 の射出端から射出された上記合波されたレーザビーム B は、このマルチモード光ファイバ 30 に接続された後述する光ファイバ 31 に入射する。

【0042】

レーザビーム B 1 ~ B 7 のマルチモード光ファイバ 30 への結合効率が 0.85 で、GaN 系半導体レーザ LD 1 ~ LD 7 の各出力が 30 mW の場合には、出力 180 mW ($= 30 \text{ mW} \times 0.85 \times 7$) の合波レーザビーム B を得ることができ、この出力が光ファイバ 31 に伝播される。従って、各マルチモード光ファ

イバ30にそれぞれ接続された6本の光ファイバ31が統合された後述するレーザ射出部61での出力は約1W(=180mW×6)である。

【0043】

ここで、各コリメートレンズ11～17の焦点距離を f_1 、開口数を NA_1 、集光レンズ20の焦点距離を f_2 、光ファイバ30の開口数を NA_2 、空間利用効率を η とすると、レンズ系の倍率 M 、つまり半導体レーザLD1～LD7の各発光点である活性層の大きさに対する、光ファイバ30のコア部30aの端面上における各光束B1～B7の収束点の大きさの比が下記式(1)で与えられる。

【0044】

なお、 n は合波本数である。また、上記空間利用効率 η は、各光束B1～B7からなる全体光束が占める空間中、すなわち光束B1と光束B7とで挟まれる空間中における各光束B1～B7の光路が占める割合によって規定されるものであり、各光束B1～B7が互いに完全密接する状態においては $\eta = 1$ である。

【0045】

上記の条件下では、

【数1】

$$M = \frac{f_2}{f_1} = \frac{NA_1}{\left(\frac{NA_2}{n} \times \eta\right)} = \frac{NA_1}{NA_2} \times \frac{n}{\eta}$$

この式から明らかな通り、空間利用効率 η が大きくなるほど倍率 M は低下する。すなわち、倍率 M が小さくなるほど、半導体レーザLD1～LD7、集光レンズ20および光ファイバ30の相対位置関係がずれた際に、各光束B1～B7が光ファイバ30のコア部30aの端面上で移動する距離が小さくなるので、各光束をより正確に合波させることができる。

【0046】

○レーザ光合波光源40の光源の立上がり特性

上記レーザ光合波光源40は、定常調状態において、上記全体光束が、コア部の径の1/2以下の径を有するこのコア部端面の同心領域に入射されるように

構成されている。そのため、このレーザ光合波光源 40 においては、光源の立上がり時間が短縮される。

【0047】

以下、上記構成によりレーザ光合波光源 40 の立上がり時間が短縮されたことを示す実施例、およびこの実施例に対する比較例について図 5 から図 10 を参照して説明する。なお、上記説明済みのコア部 30 a、各光束 B1～B7、ベース板 42、後述する同心領域 30 b 等については、上記実施例、比較例において共通の符号で示す。

【0048】

図 5 (a)、図 6 (a)、図 7 (a)、図 8 (a)、図 9 (a)、および図 10 (a) は、定常温調状態において、光ファイバのコア部 30 a に各光束 B1～B7 が入射する様子を示す図である。ここで、各光束からなる全体光束が入射した領域を上記各図毎に領域 E5～E10 で示す。また、コア部 30 a の径の $1/2$ 以下の径を有するこのコア部端面の同心領域を同心領域 30 b で示す。

【0049】

図 5 (b)、図 6 (b)、図 7 (b)、図 8 (b)、図 9 (b)、および図 10 (b) は、定常温調状態において、上記のように、光ファイバのコア部 30 a に各光束 B1～B7 が入射するように構成されたレーザ光合波光源の光源の立上がり特性 F を示すグラフである。このグラフの縦軸 P はレーザ光合波光源からのレーザ光束の出力を示し、横軸 T はレーザ光合波光源に配設された GaN 系半導体レーザを点灯してからの経過時間 (秒) を示す。なお、GaN 系半導体レーザを点灯した時刻を 0 で示し、レーザ光合波光源から出力されるレーザ光束の出力は定格出力が 1 となるように規格化して示した。また、レーザ光束の出力が使用可能となる許容定格出力範囲を H で示している。

【0050】

以下、上記全体光束が、定常温調状態において、コア部の径の $1/2$ 以下の径を有するこのコア部端面の同心領域に入射されるように上記レーザ光合波光源を構成して立上がり時間が短縮された実施例と、これらの実施例とは異なる形態の比較例を示す。

【0051】

◇実施例 1

実施例 1 のレーザ光合波光源は、図 5 (a) に示すように、定常温調状態において、光ファイバのコア部 30 a の径の $1/2$ 以下の径を有するこのコア部端面の同心領域 30 b 中のさらに狭い中心部の領域 E 5 に各光束 B 1 ~ B 7 が入射するように構成したものである。各光束が入射するそれぞれの領域が一致しているので、図 5 (a) において、領域 E 5 は概略光束 1 つが占める領域として示される。

【0052】

上記レーザ光合波光源の光源の立上がり特性 F 5 を図 5 (b) に示す。この図から解るように、上記のように構成されたレーザ光合波光源は、半導体レーザを点灯した直後にレーザ光束の出力が許容定格出力範囲 H 内となり、半導体レーザが消灯しても、再びこの半導体レーザを点灯した直後に、例えば 1 秒以内にレーザ光合波光源のレーザ光束の出力が使用可能となることがわかる。

【0053】

◇実施例 2

実施例 2 のレーザ光合波光源は、図 6 (a) に示すように、定常温調状態において、光ファイバのコア部 30 a の径の $1/2$ 以下の径を有するこのコア部端面の同心領域 30 b 中の約上半分の領域 E 6 に各光束 B 1 ~ B 7 が入射するように構成したものである。各光束が入射するそれぞれの領域がばらついているので、図 6 (a) において、領域 E 6 は各光束が広がった領域として示される。

【0054】

上記レーザ光合波光源の光源の立上がり特性 F 6 を図 6 (b) に示す。この図から解るように、上記のように構成されたレーザ光合波光源は、上記実施例 1 のレーザ光合波光源と同様に、半導体レーザを点灯した直後にレーザ光束の出力が許容定格出力範囲 H 内となり、半導体レーザが消灯しても、再びこの半導体レーザを点灯した直後に、例えば 1 秒以内にレーザ光合波光源のレーザ光束の出力が使用可能となることがわかる。

【0055】

◇比較例 1

比較例 1 のレーザ光合波光源は、図 7 (a) に示すように、定常温調状態において、光ファイバのコア部 30 a の径の $1/2$ 以下の径を有するこのコア部端面の同心領域 30 b から外れたコア部端面の下方の領域 E 7 に各光束 B 1 ~ B 7 が入射するように構成したものである。各光束が入射するそれぞれの領域は同心領域 30 b から外れているが、各光束の入射領域の位置のばらつきは少ない。

【0056】

上記レーザ光合波光源の光源の立上がり特性 F 7 を図 7 (b) に示す。この図から解るように、上記のように構成されたレーザ光合波光源は、半導体レーザを点灯した直後にレーザ光束の出力が許容定格出力範囲 H を越えてこの許容定格出力範囲 H から大きく外れる。そして、上記出力は約 80 秒後に許容定格出力範囲 H 内の出力となる。したがって、半導体レーザを一旦消灯すると、再びこの半導体レーザを点灯した直後にはレーザ光束の出力が使用可能とはならず、使用可能となるまでに約 80 秒待つことになるので、このレーザ光合波光源を後述する露光装置等に搭載して半導体レーザの点灯・消灯を繰り返すと、この露光装置の稼動を妨げることが懸念される。

【0057】

◇比較例 2

比較例 2 のレーザ光合波光源は、図 8 (a) に示すように、定常温調状態において、光ファイバのコア部 30 a の径の $1/2$ 以下の径を有するこのコア部端面の同心領域 30 b から外れたコア部端面の上方の領域 E 8 に各光束 B 1 ~ B 7 が入射するように構成したものである。各光束が入射するそれぞれの領域は同心領域 30 b から外れているが、各領域の位置のばらつきは少ない。

【0058】

上記レーザ光合波光源の光源の立上がり特性 F 8 を図 8 (b) に示す。この図から解るように、上記のように構成されたレーザ光合波光源は、半導体レーザを点灯した直後にはレーザ光束の出力が許容定格出力範囲 H に達せずこの許容定格出力範囲 H から大きく外れる。そして、上記出力は約 40 秒後に許容定格出力範囲 H 内の出力となる。したがって、半導体レーザを一旦消灯すると、再びこの半

導体レーザを点灯した直後にはレーザ光束の出力が使用可能とはならず、使用可能となるまでに約40秒待つことになるので、このレーザ光合波光源を後述する露光装置等に搭載して半導体レーザの点灯・消灯を繰り返すと、この露光装置の稼動を妨げることが懸念される。

【0059】

◇実施例3

実施例3のレーザ光合波光源は、図9(a)に示すように、定常温調状態において、光ファイバのコア部30aの径の1/2以下の径を有するこのコア部端面の同心領域30b中の約下半分の領域E9に各光束B1～B7が入射するように構成したものである。各光束が入射するそれぞれの領域がばらついているので、図9(a)において、領域E9は各光束が広がった領域として示される。

【0060】

上記レーザ光合波光源の光源の立上がり特性F9を図9(b)に示す。上記図から解るように、上記のように構成されたレーザ光合波光源は、半導体レーザを点灯した直後、例えば1秒以内にレーザ光束の出力が許容定格出力範囲H内となり、半導体レーザが消灯しても、再びこの半導体レーザを点灯した直後にレーザ光合波光源のレーザ光束の出力が使用可能となることがわかる。

【0061】

なお、実施例3のレーザ光合波光源は、ベース板42が所定の温度30℃となる定常温調状態において構成したものであり、その後、このベース板42が所定の温度30℃となる定常温調状態において光源の立上がり特性F9を測定した。

【0062】

比較例3

比較例3のレーザ光合波光源は、図10(a)に示すように、上記実施例3と同様に、定常温調状態において、光ファイバのコア部30aの径の1/2以下の径を有するこのコア部端面の同心領域30b中の約下半分の領域E10に各光束B1～B7が入射するように構成したものである。各光束が入射するそれぞれの領域がばらついているので、図10(a)において、領域E10は広がった領域として示される。

【 0 0 6 3 】

なお、比較例 3 のレーザ光合波光源については、ベース板 4 2 が所定の温度 3 0 ℃となる定常温調状態において構成し、その後、このベース板 4 2 の温度を所定の温度から外れた 1 0 ℃とし、定常温調状態から外れた状態において光源の立上がり特性 F 1 0 を測定した。

【 0 0 6 4 】

上記レーザ光合波光源の光源の立上がり特性 F 1 0 を図 1 0 (b) に示す。上記図から解るように、上記のように構成されたレーザ光合波光源は、半導体レーザを点灯した直後にレーザ光束の出力が許容定格出力範囲 H を越えてしまう。そして、上記出力は約 3 0 秒後に許容定格出力範囲 H 内の出力となる。したがって、半導体レーザを一旦消灯すると、再びこの半導体レーザを点灯した直後にはレーザ光束の出力が使用可能とはならず、使用可能となるまでに約 3 0 秒待つことになるので、このレーザ光合波光源を後述する露光装置等に搭載して半導体レーザの点灯・消灯を繰り返すと、この露光装置の稼動を妨げることが懸念される。

【 0 0 6 5 】

○レーザ光合波光源 4 0 に適用する合波レーザ光調芯方法

なお、上記レーザ光合波光源に適用する合波レーザ光調芯方法としては、以下のような手法を用いることができる。以下、図 4 を参照してレーザ光合波光源に適用する合波レーザ光調芯方法について説明する。

【 0 0 6 6 】

すなわち、レーザ光合波光源 4 0 が定常温調状態にあるときに、光ファイバ 3 0 のコア部 3 0 a への各光束 B 1 ~ B 7 からなる全体光束 B B の入射中心 R がこのコア部 3 0 a の端面 3 0 H の中心を通る直径方向に移動するように光ファイバ 3 0 の入射端 3 0 D をこの入射端 3 0 D の端面 3 0 H に対して平行な方向 Q 1 に移動させて、光ファイバ 3 0 の射出端 3 0 E から射出される全体光束 B B の光強度を測定し、光ファイバ 3 0 の入射端 3 0 D の移動によって得られるこの光ファイバ 3 0 の射出端 3 0 E から射出される全体光束 B B (合波されたレーザビーム) の最大光強度より小さな特定の光強度となる入射端のコア軸の 2 つの位置 J 1、J 2 を定めて、上記コア軸の 2 つの位置 J 1、J 2 の中心に光ファイバ 3 0 の

コア軸 J a を位置させ、コア部内 30 a の中央に位置する限定された同心領域 30 b に上記全体光束を入射させるようにする手法を用いることができる。

【0067】

より詳細には、上記手法は最低 2 軸の方向における調芯が必要となり、この 2 軸の調芯について、図 11、図 12、図 13、および上記説明済みの図 4 を参照して説明する。図 11 は光ファイバの端面に入射する全体光束の入射位置を示す図、図 12 は調芯第 1 工程における光ファイバのコア軸の位置と光ファイバの射出端から射出される全体光束の光強度（結合効率）との関係を示す図、図 13 は調芯第 2 工程における光ファイバのコア軸の位置と光ファイバの射出端から射出される全体光束の光強度（結合効率）との関係を示す図である。

【0068】

はじめの調芯第 1 工程においては、光ファイバ 30 の入射端 30 D をこの入射端 30 D の端面 30 H に対して平行な軸 Q 2 の方向に沿って移動させて、光ファイバ 30 の射出端 30 E から射出される全体光束 B B の光強度を測定する。そして、上記射出端 30 E から射出される全体光束 B B の最大光強度より小さな特定の光強度が得られるときの入射端 30 D のコア軸の 2 つの位置 J 11, J 12（図 12 参照）を求め、この 2 つの位置 J 11, J 12 の中心位置 J 13 に入射端 30 D のコア軸 J a を位置させる。この調芯第 1 工程においては、全体光束 B B の入射中心 R の端面 30 H への入射位置がコア部 30 a の中心から外れるように光ファイバ 30 の入射端 30 D が移動する。

【0069】

ここで、光ファイバのコア軸の位置と光ファイバの射出端から射出される全体光束の光強度（結合効率）との関係は、図 12 の曲線 W 1 で示すように、入射端 30 D のコア軸 J a が位置 J 11, J 12 に位置するときの結合効率は等しく、コア軸 J a が中心位置 J 13 に位置するときに結合効率が最大となる。また、コア軸 J a が位置 J 11, J 12 に位置するときには、図 11 に示すように、入射端 30 D の端面 30 H に入射する全体光束 B B の入射中心 R のそれぞれが軸 Q 2 上の位置 U 1、U 2 に位置し、コア軸 J a が位置 J 13 に位置するときには全体光束 B B の入射中心 R の位置は軸 Q 2 上の位置 U 3 に位置する。

【0070】

次の調芯第2工程においては、上記入射端30Dのコア軸の位置を、上記中心位置J13を含み、上記入射端30Dの移動方向である軸Q2と直交する入射端30Dの端面30Hに対して平行な軸Q3の方向に沿って移動させて、光ファイバ30の射出端30Eから射出される全体光束BBの光強度を測定する。ここで、全体光束BBの入射中心Rの端面30Hへの入射位置がコア部の中心を通るように光ファイバ30の入射端30Dが移動する。そして、上記射出端30Eから射出される全体光束BBの最大光強度より小さな特定の光強度が得られるときの入射端30Dのコア軸の2つの位置J15、J16（図13参照）を求め、この2つの位置J15、J16の中心位置J17に上記コア軸Jaを位置させる。これにより、全体光束BBの入射中心Rの位置がコア部30aの端面30Hの中心に一致し、コア部内30aの中央に位置する限定された同心領域30bに上記全体光束を入射させることができ、調芯が完了する。

【0071】

ここで、光ファイバのコア軸の位置と光ファイバの射出端から射出される全体光束の光強度（結合効率）との関係は、図13の曲線W2に示すように、コア軸Jaが位置J15、J16に位置するときの結合効率は等しく、コア軸Jaが中心位置J17に位置するときに結合効率が最大となる。曲線W2に示すように結合効率が最大となるときにコア軸Jaが位置する範囲K1はコア部30aの径の $1/2$ の範囲K2より広くなる。また、コア軸Jaが位置J15、J16に位置するときには、図11に示すように、入射端30Dの端面30Hに入射する全体光束BBの入射中心Rのそれぞれが軸Q3上の位置U5、U6に位置し、コア軸Jaが位置J17に位置するときには、全体光束BBの入射中心Rの位置は軸Q3上の位置U7、すなわち、コア部30aの径の $1/2$ 以下の径を有するこのコア部30aの端面30Hの同心領域30b内に位置する。

【0072】

ここで、結合効率が最大となるように、全体光束BBの入射中心Rがコア部30aの端面30H中の上記位置U3（図11参照）に位置するように調芯した場合に比して、上記のように、全体光束BBの入射中心Rの位置を、コア部30a

の端面 30H の同心領域 30b 内である、例えば上記位置 U7（図 11 参照）に位置させるように調芯することにより、このレーザ光合波光源の立上がり時間を短縮することができる。

【0073】

上記曲線 W1、および曲線 W2 で示される、光ファイバのコア軸の位置に対する光ファイバの射出端から射出される全体光束の光強度（結合効率）は、最大光強度を間に挟んで対称となる単調増加、単調減少する光強度を示すので、コア軸 J a が上記最大光強度が得られる領域に位置する場合には、コア軸 J a の移動に対する上記射出端から射出される全体光束の光強度の変化が少ないが、このコア軸 J a が最大光強度が得られる領域から外れた場所に位置する場合には、コア軸 J a の移動に対する上記射出端から射出される全体光束の光強度の変化が大きくなって、上記 2 つのコア軸位置を正確に定めることができる。これにより、全体光束 BB の入射中心 R の位置を同心領域 30b に正確に位置させる調芯を行なうことができる。

【0074】

また、次のような手法も用いることができる。すなわち、レーザ光合波光源 40 が定常温調状態にあるときに、光ファイバ 30 のコア部 30a への全体光束 BB の入射中心 R がこのコア部 30a の端面 30H の中心を通る直径方向に移動するように集光レンズ 20 をこの集光レンズ 20 の光軸に直交する方向 Q2 に移動させて、光ファイバ 30 の射出端 30E から射出される全体光束 BB の光強度を測定し、上記射出端 30E から射出される全体光束 BB の最大光強度より小さな特定の光強度となる集光レンズ 20 の光軸の 2 つの位置 J5、J6 を定めて、上記光軸の 2 つの位置 J5、J6 の中心に集光レンズ 20 の光軸 Jb を位置させて、コア部内 30a の中央に位置する限定された同心領域 30b に上記全体光束を入射させる手法を用いることもできる。

【0075】

なお、光ファイバを移動させて調芯する場合、この調芯を実施するための調芯機構の構成が比較的簡単になるという長所がある。しかしながら、調芯の際に光ファイバの入射端を移動可能とするために、この光ファイバの入射端からレーザ

光合波光源のパッケージに固定される光ファイバの固定部までの距離をある程度確保しなければならない。一方、レンズを移動させて調芯する場合、上記光ファイバの入射端から固定部までの距離を短くすることができるため、パッケージを小型化することができる。より具体的には、レンズを移動させる調芯機構を採用した場合には、光ファイバを移動させる調芯機構を採用した場合に比して、パッケージの寸法を光ファイバが延びる方向に約 20 mm 短くすることができた。

【0076】

このようにパッケージを小型化できると、レーザ光合波光源が熱的に安定した状態となるまでの時間を短縮することができるので、外部環境変化に対しても、このレーザ光合波光源の定常温調状態を保ちやすくなる。したがって、高速立上がり性能という観点において、レーザ光合波光源を外部環境変化に対して強いモジュールとすることができる。

【0077】

《露光装置の全体構成の説明》

以下、上記本発明のレーザ光合波光源を使用した露光ヘッドを搭載した露光装置について説明する。図 14 は、本発明のレーザ光合波光源を使用した露光ヘッドを搭載した露光装置の外観を示す斜視図、図 15 は上記露光装置による露光の様子を示す斜視図、図 16 (A) は感光材料上に形成される露光済領域を示す平面図、図 16 (B) は各露光ヘッドによる露光エリアの配列を示す図、図 17 は露光ヘッドの概略構成を示す斜視図、図 18 は露光ヘッド内を伝播するレーザ光の光路に沿って露光ヘッドの構成を示す側面図である。

【0078】

図 14 に示すように、本発明のレーザ光合波光源を搭載した露光装置は、スキャナユニット 162 と、このスキャナユニット 162 を支持する本体部とからなる。上記本体部は、シート状の感光材料 150 を表面に吸着して保持する平板状のステージ 152 を備え、このステージ 152 を副走査方向に移動可能に支持する上記副走査方向に沿って延びた 2 本のガイド 158 を設置台 156 上に有している。ステージ 152 は、ガイド 158 によって副走査方向に往復移動可能に支持され、このステージ 152 の長手方向が副走査方向を向くように配置されてい

る。なお、この露光装置には、ステージ152をガイド158に沿って駆動するための図示しない駆動部が備えられている。

【0079】

設置台156の中央部には、ステージ152の移動経路を跨いで上記スキャナユニット162を支持する門型のスキャナ支持部160が設けられている。スキャナ支持部160には、このスキャナ支持部160を挟んだ副走査方向の一方の側にはスキャナユニット162が設けられ、他方の側には感光材料150の先端および後端を検知する2つの検知センサ164が設けられている。スキャナユニット162および検知センサ164は、スキャナ支持部160に各々取り付けられ、ステージ152の移動経路の上方に配置されている。なお、スキャナユニット162および検知センサ164は、これらを制御する図示しないコントローラに接続されている。

【0080】

スキャナユニット162は、図15に示すように、 m 行 n 列（例えば、3行5列）の略マトリックス状に配列された感光材料150に露光用の光を照射する複数（例えば、14個）の露光ヘッド166を備えている。

【0081】

本実施の形態では、感光材料150の幅との関係で、1行目および2行目には5個の露光ヘッド166を、3行目には4個の露光ヘッド166を配置した。なお、 m 行目の n 列目に配列された個々の露光ヘッドを示す場合は、露光ヘッド166 mn と表記する。

【0082】

露光ヘッド166によって露光される各露光ヘッド166 mn に対応する露光エリア168 mn は、図16（B）に示すように、概略、副走査方向を短辺とする矩形形状であり、ステージ152の移動に伴い、感光材料150には各露光ヘッド166 mn に対応した図16（A）に示すような帯状の露光済領域170 mn が形成される。

【0083】

上記露光ヘッドの各々は、上記副走査方向と直交する主走査方向に所定間隔ず

らして配置されており、帯状の露光領域 170 が上記主走査方向に隙間無く形成されるように、1 行目に配置されている露光エリア 16811 と露光エリア 16812 との間の露光できない部分は、2 行目に配置されている露光エリア 16821 と 3 行目に配置されている露光エリア 16831 とにより露光される。

【0084】

図 17、および図 18 に示すように、上記露光ヘッド 166 は、露光用の光を射出する光源ユニット 60 と、光源ユニット 60 から射出された露光用の光を入射して後述する DMD 80 に照射する DMD 照射光学系 70 と、DMD 照射光学系 70 からの露光用の光の照射を受けてこの光を空間光変調する DMD 80 と、DMD 80 で空間光変調された光を感光材料 150 上に結像させる結像光学系 50 とを備え、DMD 80 で空間光変調された光を感光材料 150 上に導いてこの感光材料 150 を露光する。

【0085】

《露光ヘッド 166 を構成する各要素の説明》

以下、露光ヘッド 166 を構成する各要素について説明する。

【0086】

＜光源ユニット 60＞

光源ユニット 60 は、複数（例えば、6 個）の上記説明済みのレーザ光合波光源 40 と、上記複数の各レーザ光合波光源 40 の構成要素である各マルチモード光ファイバ 30 に接続される複数の光ファイバ 31 を有しこれらの光ファイバ 31 を統合するレーザ射出部 61 とからなる。以下レーザ射出部 61 について説明する。

【0087】

[レーザ射出部 61]

レーザ射出部 61 について、図 19 および図 20 を参照して説明する。図 19 (A) はレーザ光合波光源のマルチモード光ファイバと、レーザ射出部の光ファイバとの接続状態を示す斜視図、図 19 (B) はレーザ射出部の部分拡大図、図 19 (C) および図 19 (D) はレーザ射出部における光ファイバの配列を示す正面図、図 20 はレーザ光合波光源のマルチモード光ファイバと、レーザ射出部

の光ファイバとの接続状態の詳細を示す断面図である。

【0088】

図19の(A)から(D)に示すように上記レーザ射出部61は、光ファイバ31、支持板65、および保護板63からなり、以下のように構成されている。

【0089】

図19(A)に示すように、上記レーザ光合波光源40の各マルチモード光ファイバ30の射出端には、コア径がマルチモード光ファイバ30のコア径と同一で、クラッド径がマルチモード光ファイバ30のクラッド径より小さい光ファイバ31の入射端がそれぞれ接続されている。また、上記各光ファイバ31の射出端は、図19(C)に示すように、1列に配列された射出端部68を構成している。なお、図19(D)に示すように、射出端部68は1列に配列される場合に限らず2段重ねて俵積み状に配列するようにしてもよい。

【0090】

光ファイバ31の射出側の部分は、図19(B)に示すように、表面が平坦な2枚の支持板65に挟み込まれて固定されている。また、この光ファイバ31の射出側の端面には、この端面を保護するためのガラス等からなる透明な保護板63が配置されている。保護板63は、光ファイバ31の端面に密着させて配置してもよいし、あるいは密着しないように配置してもよい。

【0091】

上記光ファイバ31とマルチモード光ファイバ30との接続は、図20に示すように、クラッド径が大きいマルチモード光ファイバ30の端面中の小径部分30cに、クラッド径が小さい光ファイバ31の端面を同軸的に結合するものであり、この結合は例えば融着により実施することができる。

【0092】

また、長さが短くクラッド径が大きい光ファイバにクラッド径が小さい光ファイバを融着させた短尺の光ファイバを別途作成して、この短尺光ファイバをフェルールや光コネクタ等を介してマルチモード光ファイバ30の射出端に結合してもよい。コネクタ等を用いて着脱可能に結合することで、クラッド径が小さい光ファイバが破損した場合等に先端部分の交換が容易になり、露光ヘッドのメンテ

ナンスに要するコストを低減できる。

【0093】

マルチモード光ファイバ30および光ファイバ31としては、ステップインデックス型光ファイバ、グレーテッドインデックス型光ファイバ、および複合型光ファイバの何れでもよい。例えば、三菱電線工業株式会社製のステップインデックス型光ファイバを用いることができる。本例では、マルチモード光ファイバ30および光ファイバ31は、ステップインデックス型光ファイバである。

【0094】

なお、マルチモード光ファイバ30は、クラッド径=125 μm 、コア径=50 μm 、NA=0.2、入射端面コートの透過率=99.5%以上であり、光ファイバ31は、クラッド径=60 μm 、コア径=50 μm 、NA=0.2である。

【0095】

<DMD80>

つづいて、DMD80について説明する。図21はDMDの概略構成を示す斜視図、図22(A)および図22(B)は、DMDを傾けて配置する場合と傾けて配置しない場合とにおける感光材料への露光状態の違いを比較して示す平面図である。

【0096】

露光ヘッド16611~166mnの各々は、上記説明済みの図17、図18に示すように、入力された画像データに応じて入射された光ビームを変調する空間光変調素子として、デジタル・マイクロミラー・デバイス：DMD80を備えている。このDMD80は、データ処理部とミラー駆動制御部とを備えた図示しないコントローラに接続されている。このコントローラのデータ処理部では、入力された画像データに基づいて、各露光ヘッド166毎に、DMD80に配されている各マイクロミラー81の駆動を制御する制御信号を生成する(図21参照)。また、ミラー駆動制御部では、データ処理部で生成した制御信号に基づいて、各露光ヘッド166毎に、DMD80の各マイクロミラー81の反射面の角度を制御する。上記デジタル・マイクロミラー・デバイス(DMD)としては、例えば

、米国TI社（Texas Instruments社）が開発したものが知られており、このDMDを用いた動画用プロジェクタ等が製品化されている。

【0097】

上記DMD80は、長手方向にマイクロミラー81が多数個（例えば1024個）行方向に配列されたマイクロミラーが、短手方向に複数列（例えば756列）配置されている。図22に示すように、各マイクロミラー81で反射された個別のレーザ光束である露光ビーム5の副走査方向の走査軌跡（副走査線）のピッチは、DMD80を傾けて配置することにより、DMD80を傾けて配置しないときのピッチP1（図22（A）参照）より小さいピッチP2（図22（B）参照）に設定することができ、この傾きの設定により、この露光ヘッド166による露光の解像度を大幅に向上させることができる。

【0098】

また、互いに異なるマイクロミラー81により感光材料150の上記副走査線上の同じ領域が重ねて露光（多重露光）されることで、露光位置の微少量をコントロールすることができ、高精細な露光を実現することができる。また、主走査方向に隣り合って並ぶ露光ヘッドによる露光ビーム5のつなぎ目が目立たないようにすることもできる。

【0099】

<DMD照射光学系70>

上記DMD照射光学系70は、図18に示すように、光源ユニット60のレーザ射出部61から射出された複数のレーザ光束を、全体的に概略平行光化するコリメートレンズ71、このコリメートレンズ71を通過した光の光路に配設されたマイクロフライアイレンズ72、このマイクロフライアイレンズ72と向かい合う状態に配設された別のマイクロフライアイレンズ73、およびこのマイクロフライアイレンズ73の射出側つまり後述するミラー75側に配置されたフィールドレンズ74、および後述するプリズム76から構成されている。

【0100】

マイクロフライアイレンズ72および73は、微小レンズセルが縦横に多数配置されてなるものであり、それらの微小レンズセルの各々を通過した光がミラー

75 およびプリズム 76 を介して DMD 80 に互いに重なる状態で入射するので、この DMD 80 を照射する光の光量分布が均一化される。

【0101】

なお、ミラー 75 は、フィールドレンズ 74 を通った光を反射させ、プリズム 76 は、TIR プリズム（全反射プリズム）であり、ミラー 75 で反射された光を DMD 80 に向けて全反射させる。上記のことにより DMD 照射光学系 70 が、DMD 80 に対して概略均一な強度分布の光を照射する。

【0102】

<結像光学系 50>

結像光学系 50 は、図 18 に示すように、第 1 結像光学系 51 と、第 2 結像光学系 52 と、第 1 結像光学系 51 と第 2 結像光学系 52 との間の光路中に配置されたマイクロレンズアレイ 55 と、アパーチャアレイ 59 とから構成されている。上記のマイクロレンズアレイ 55 は、DMD 80 で反射された各光束それぞれを個別に通すように DMD 80 の各マイクロミラー 81 に対応して配置された多数のマイクロレンズ 55a からなるものである。またアパーチャアレイ 59 は、上記各マイクロレンズ 55a を通った各光束それぞれを個別に通すように各マイクロレンズ 55a に対応して配置された多数のアパーチャ 59a を有するものである。

【0103】

上記構成において、DMD 80 の各マイクロミラー 81 で反射した光によるこのマイクロミラー 81 の像は、第 1 結像光学系 51 により 3 倍に拡大されて結像される。ここで、上記各マイクロミラー 81 で反射され第 1 結像光学系 51 を通過した各光束は、該第 1 結像光学系 51 による結像位置の近傍に配されたマイクロレンズアレイ 55 の各マイクロレンズ 55a によって個別に集光され、この個別に集光された光束がアパーチャ 59a を通過して結像される。マイクロレンズアレイ 55 およびアパーチャ 59 を通って結像された上記各マイクロミラー 81 の像は、第 2 結像光学系 52 によりさらに 1.67 倍に拡大された上で、感光面 151 上に結像され、これにより、DMD 80 の各マイクロミラー 81 の像が、最終的に 5 倍（ $= 3 \times 1.67$ ）に拡大されて感光面 151 上に投影される。

【0104】

ここで、各マイクロミラー 81（各画素）で反射されて各マイクロレンズ 55a を通ったレーザ光束に上記光学要素の収差等による太りがあっても、アパーチャ 59a によって感光面 151 上でのスポットサイズが一定の大きさになるようにこのレーザ光束を整形することができると共に、各マイクロミラー 81（各画素）で反射されたレーザ光束を各マイクロミラー 81（各画素）に対応して設けられたアパーチャ 59a を通過させることにより、各マイクロミラー間でのクロストークを防止することができ、露光を行なう際の各マイクロミラーによるオン・オフの消光比を改善することができる。

【0105】

なお、マイクロミラーを上記所定角度に傾斜させてこのマイクロミラーで反射された光を結像光学系 50 に向けて伝播させる状態がマイクロミラーのオン状態であり、マイクロミラーを上記所定角度とは異なる角度に傾斜させてこのマイクロミラーで反射された光を結像光学系 50 に向かう光路から外して伝播させる状態がマイクロミラーのオフ状態である。

【0106】

《露光装置の動作の説明》

次に、上記露光装置の動作について説明する。

【0107】

露光装置が稼動され各部が稼動状態となる。この状態においてレーザ光合波光源 40 は温調されるが GaN 系半導体レーザ LD1～LD7 は点灯されない。

【0108】

露光パターンに応じた画像データが、DMD 80 に接続された図示しないコントローラに入力され、コントローラ内のフレームメモリに一旦記憶される。この画像データは、画像を構成する各画素の濃度を表したデータである。このデータは、例えば、各画素の濃度を 2 値（ドットの記録の有無）で表すものとすることができる。

【0109】

感光材料 150 を表面に吸着したステージ 152 は、図示しない駆動部により

、ガイド158に沿ってスキャナ支持部160を上流側から下流側に一定速度で移動する。ステージ152がスキャナ支持部160下を通過する際に、スキャナ支持部160に取り付けられた検知センサ164により感光材料150の先端が検出されると、フレームメモリに記憶された画像データが複数ライン分ずつ順次読み出され、データ処理部で読み出された画像データに基づいて各露光ヘッド166毎の制御信号が生成される。

【0110】

そして、感光材料150への露光準備が整ったときにGaN系半導体レーザLD1～LD7が点灯され、上記生成された制御信号に基づいて、ミラー駆動制御部により各露光ヘッド166におけるDMD80のマイクロミラーの各々が制御され感光材料150が露光される。なお、レーザ光合波光源40の光源の立上がり時間が短いので、GaN系半導体レーザLD1～LD7の点灯後、直ぐにレーザ光合波光源40から射出されたレーザ光を用いて感光材料150への露光を行なうことができる。

【0111】

各レーザ光合波光源40で発生されレーザ射出部61から射出されたレーザ光束がDMD照射光学系70を通してDMD80に照射されると、DMD80のマイクロミラーがオン状態のときに反射されたレーザ光束は、結像光学系50を通して感光材料150の感光面151上に結像される。一方、DMD80のマイクロミラーがオフ状態のときに反射されたレーザ光束は、感光面151上に結像されないので感光材料150を露光しない。

【0112】

このようにして、光源ユニット60から射出されたレーザ光束が各マイクロミラー毎（画素毎）にオンオフされて、各露光ヘッド166に対応する感光材料150上の各露光エリア168が露光される（図15および図16参照）。また、感光材料150がステージ152と共に副走査方向に移動され、各露光ヘッド166毎に副走査方向に延びる帯状の露光済領域170が形成される。

【0113】

[DMD80の部分使用について]

なお本実施の形態では、図 23 (A) および (B) に示すように、DMD 80 には、露光する際の主走査方向すなわち、行方向に 1024 個 (画素) 配置されたマイクロミラーが、露光する際の副走査方向すなわち列方向に 756 列 (画素列) 配列されているが、本例では、コントローラにより一部のマイクロミラーの行 (例えば、1024 個×300 行) だけを駆動するように制御がなされる。

【0114】

例えば、図 23 (A) に示すように、DMD 80 の列方向の中央部に配置されたマイクロミラーの行列領域 80C のみを制御してもよく、図 23 (B) に示すように、DMD 80 の端部に配置されたマイクロミラーの行列領域 80T のみを制御してもよい。また、一部のマイクロミラーに欠陥が発生した場合は、欠陥が発生していないマイクロミラーの行列領域を使用するなど、状況に応じて使用するマイクロミラー中の領域を適宜変更してもよい。

【0115】

すなわち、DMD 80 のデータ処理速度には限界があり、制御するマイクロミラーの数 (画素数) に比例して 1 ライン当りの変調速度が決定されるので、マイクロミラー中の一部分だけを使用することで 1 ライン当りの変調速度を速くすることができる。

【0116】

DMD 80 に接続されたコントローラ内のフレームメモリに記憶された画像データに基づく露光が終了すると、Ga N 系半導体レーザ LD1～LD7 が消灯されレーザ光合波光源からのレーザ光の射出が停止される。その後、スキャナユニット 162 による感光材料 150 の副走査が終了し、検知センサ 164 で感光材料 150 の後端が検出されると、ステージ 152 は、図示しない駆動部により、ガイド 158 に沿ってスキャナ支持部 160 を最上流側にある原点に復帰させ、再度、ガイド 158 に沿ってスキャナ支持部 160 の上流側から下流側に移動させて次の露光を行なう。

【0117】

なお、レーザ光合波光源の光源の立上がり時間が短いので、次の露光を行なう際においても、上記のように、感光材料 150 への露光準備が整ったときに Ga

N系半導体レーザLD1～LD7を点灯してもレーザ光合波光源から所定出力のレーザ光束を直ちに射出させることができ、露光装置の稼動を妨げることなく感光材料150への露光を行なうことができる。

【0118】

上記のように、感光材料150への露光を行なうときにのみGaN系半導体レーザLD1～LD7を点灯するようにしてレーザ光合波光源を使用することにより、GaN系半導体レーザLD1～LD7の見かけ上の寿命を大幅に延ばすことができる。

【0119】

例えば、実際に露光を行なう露光時間、すなわち、レーザ光合波光源のGaN系半導体レーザの点灯時間は、露光装置の稼動時間の1/2程度であるので、露光装置の稼動中常時この半導体レーザを点灯した場合に比して、この半導体レーザの見かけ上の寿命が2倍になる。露光装置の稼動時間を1日8時間とし、露光装置稼動中のレーザ光合波光源の点灯率50%（見かけの寿命の2倍）、GaN系半導体レーザの寿命を10000時間とすれば、露光装置上でGaN系半導体レーザを約7年間（2500日 \div 10000時間 \times 2倍 \div 8時間）使用することができ、光源の寿命と露光装置の寿命とを略同等にすることができる。

【0120】

以上、露光装置として形成された実施の形態について説明したが、本発明はこの種の露光装置のみならず、その他、例えばスクリーンに画像を投影表示するプロジェクタ等に対しても適用可能であり、そのような場合にも前述した本発明の効果を同様に奏するものである。

【0121】

なお、レーザ光合波光源は、GaN系半導体レーザを使用する場合に限らず、GaN系以外の半導体レーザを使用して構成するようにしてもよい。

【0122】

また、全体光束を入射して合波する1本の光ファイバはマルチモード光ファイバに限るものではなく複数のレーザ光束の合波に使用可能な光ファイバであればどのような光ファイバであってもよい。

【0123】

また、上記光束収束手段は、上記のようなコリメートレンズと集光レンズとで構成される場合に限らず、複数の半導体レーザから射出された各レーザ光束の全体を1点に収束させる機能を有するものであればどのようなものであってもよい。

【0124】

光ファイバの入射端の端面に対して平行な方向へのこの光ファイバの入射端の移動と、収束レンズの光軸に直交する方向へのこの収束レンズの移動とを組み合わせ、上記合波レーザ光の調芯を行なうようにしてもよい。

【0125】

また、上記光ファイバの入射端をこの入射端の端面に対して平行な方向に移動させて、光ファイバの射出端から射出される全体光束の光強度を求め、光ファイバの入射端の移動によって得られる上記射出端から射出される全体光束の最大光強度より小さな特定の光強度となる上記射出端の2つのコア軸の位置を定めて、上記2つのコア軸の位置の中心に光ファイバのコア軸の位置を位置させる合波レーザ光調芯方式と、上記コア部への全体光束の入射中心位置がこのコア部の中心を通る直径方向に移動するように収束レンズをこの収束レンズの光軸に直交する方向に移動させて、光ファイバの射出端から射出される全体光束の光強度を求め、この収束レンズの移動によって得られる上記射出端から射出される全体光束の最大光強度より小さな特定の光強度となる収束レンズの2つの光軸位置を定めて、上記2つの光軸位置の中心に収束レンズの光軸位置を位置させる合波レーザ光調芯方式とを組み合わせ合波レーザ光の調芯を行なうようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】

レーザ光合波光源の構成を示す平面図

【図2】

レーザ光合波光源の構成を示す側面図

【図3】

レーザ光合波光源の構成を示す正面図

【図 4】

レーザ光合波光源の光学要素を示す拡大平面図

【図 5】

実施例 1 のレーザ光合波光源の合波レーザ光の調芯位置と光源の立上がり特性を示す図

【図 6】

実施例 2 のレーザ光合波光源の合波レーザ光の調芯位置と光源の立上がり特性を示す図

【図 7】

比較例 1 のレーザ光合波光源の合波レーザ光の調芯位置と光源の立上がり特性を示す図

【図 8】

比較例 2 のレーザ光合波光源の合波レーザ光の調芯位置と光源の立上がり特性を示す図

【図 9】

実施例 3 のレーザ光合波光源の合波レーザ光の調芯位置と光源の立上がり特性を示す図

【図 1 0】

比較例 3 のレーザ光合波光源の合波レーザ光の調芯位置と光源の立上がり特性を示す図

【図 1 1】

光ファイバの端面に入射する全体光束の入射位置を示す図

【図 1 2】

調芯第 1 工程における光ファイバのコア軸の位置と光ファイバの射出端から射出される全体光束の結合効率との関係を示す図

【図 1 3】

調芯第 2 工程における光ファイバのコア軸の位置と光ファイバの射出端から射出される全体光束の結合効率との関係を示す図

【図 1 4】

本発明のレーザ光合波光源を使用した露光装置の外観を示す斜視図

【図 15】

図 14 の露光装置による露光の様子を示す斜視図

【図 16】

(A) は感光材料上に形成される露光済領域を示す平面図、(B) は各露光ヘッドによる露光エリアの配列を示す図

【図 17】

露光ヘッドの概略構成を示す斜視図

【図 18】

露光ヘッド内を伝播するレーザ光束の光路に沿って露光ヘッドの構成を示す側面図

【図 19】

(A) は光源ユニットの構成を示す斜視図、(B) はレーザ射出部の部分拡大図、(C) および (D) はレーザ射出部における光ファイバの配列を示す正面図

【図 20】

レーザ光合波光源のマルチモード光ファイバと、レーザ射出部の光ファイバとの接続状態を示す図

【図 21】

DMD の概略構成を示す斜視図

【図 22】

(A) および (B) は、DMD を傾けて配置する場合と傾けて配置しない場合における感光材料への露光状態の違いを比較して示す平面図

【図 23】

(A) および (B) は、DMD 中の使用領域の例を示す図

【符号の説明】

LD1～LD7 GaN系半導体レーザ

20 集光レンズ

30 マルチモード光ファイバ

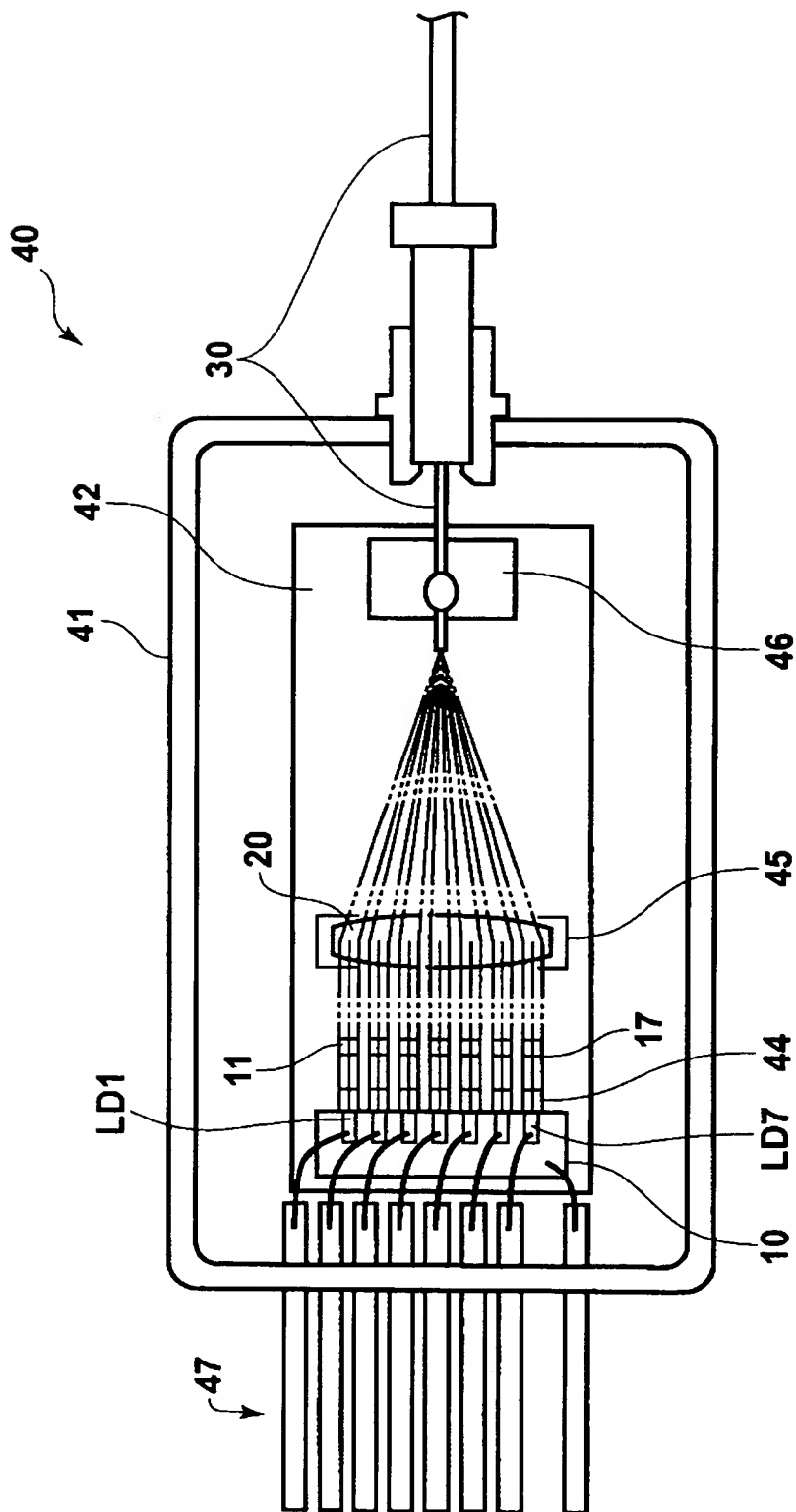
40 レーザ光合波光源

- 5 0 結像光学系
- 5 1 第 1 結像光学系
- 5 2 第 2 結像光学系
- 6 0 光源ユニット
- 6 1 レーザ射出部
- 8 0 デジタル・マイクロミラー・デバイス (DMD)
- 1 5 0 感光材料
- 1 5 2 ステージ
- 1 6 2 スキャナ
- 1 6 6 露光ヘッド
- 1 6 8 露光エリア
- 1 7 0 露光済領域

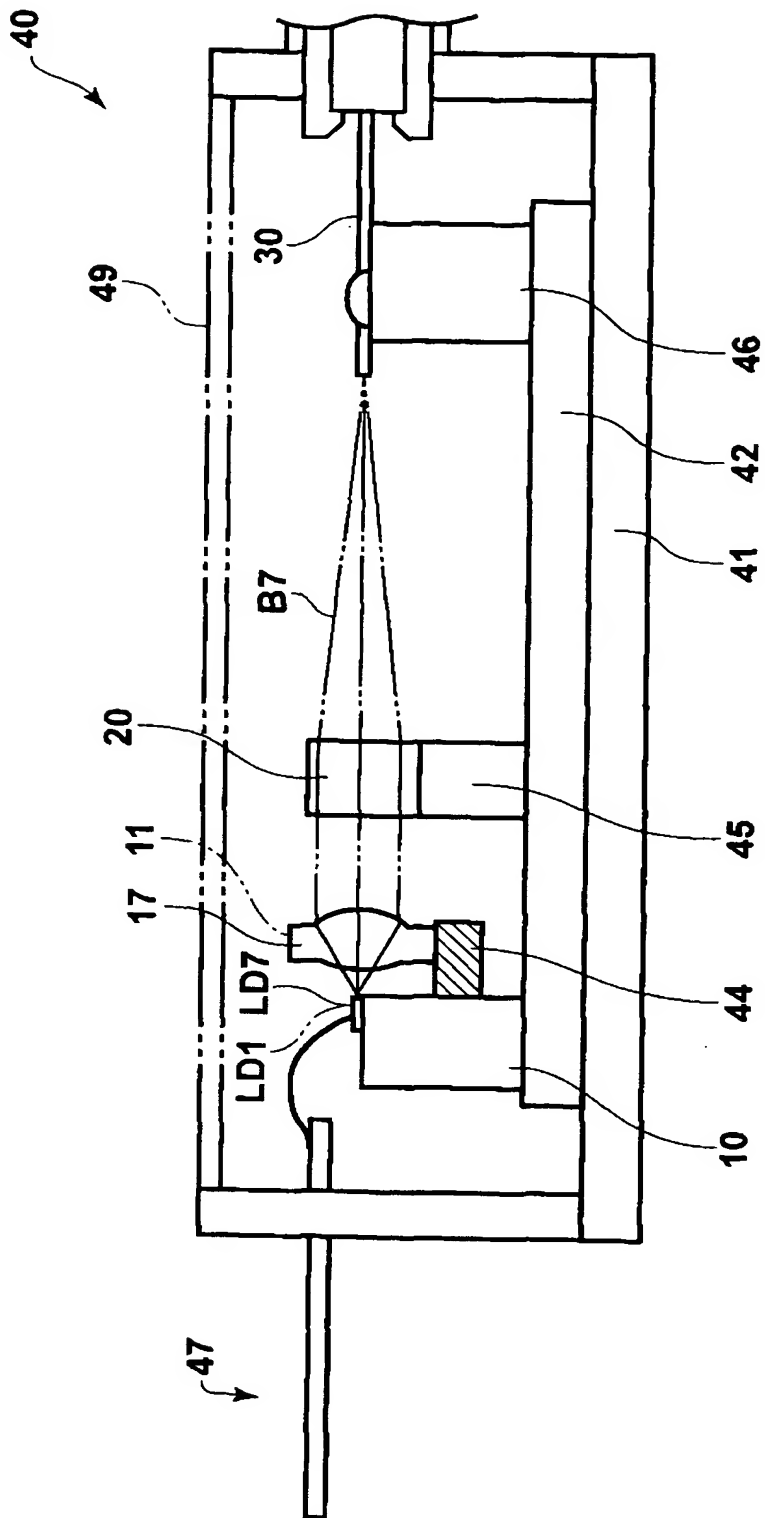
【書類名】

図面

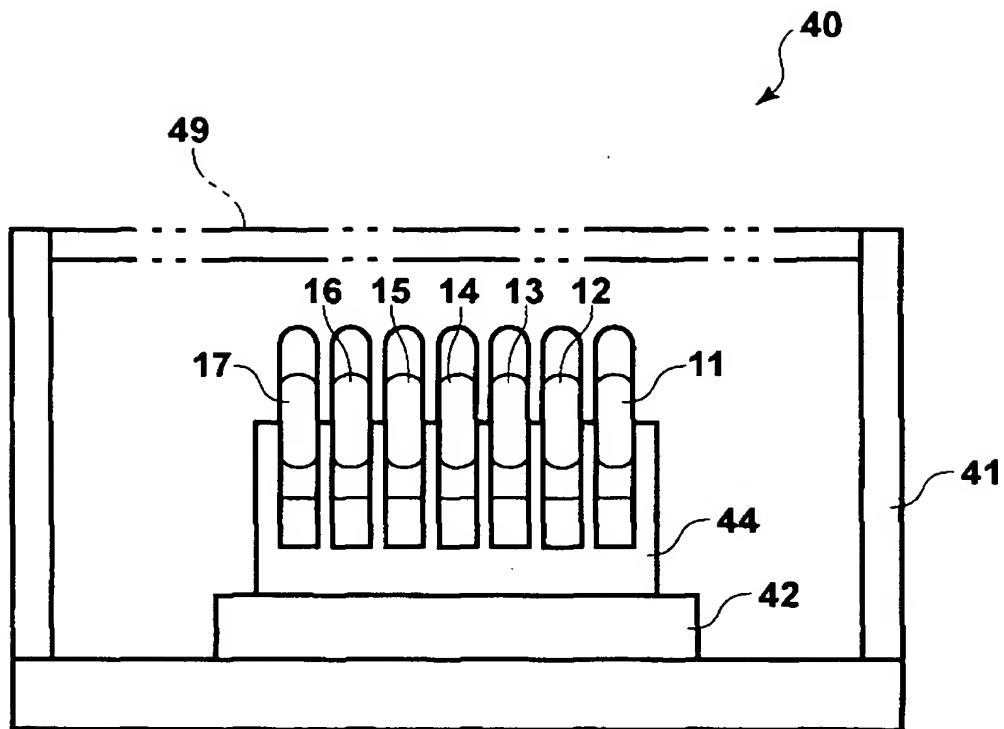
【図 1】



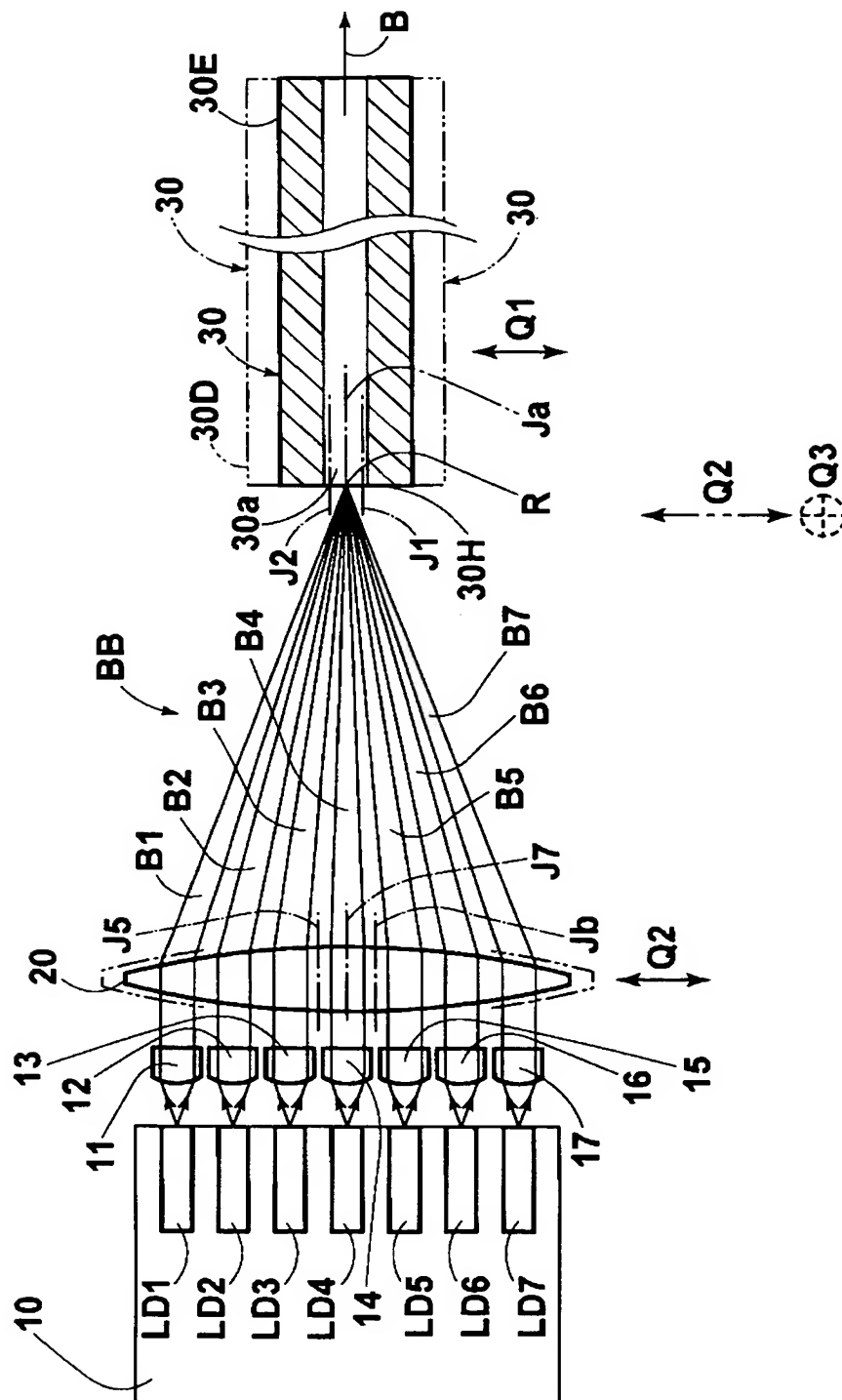
【図 2】



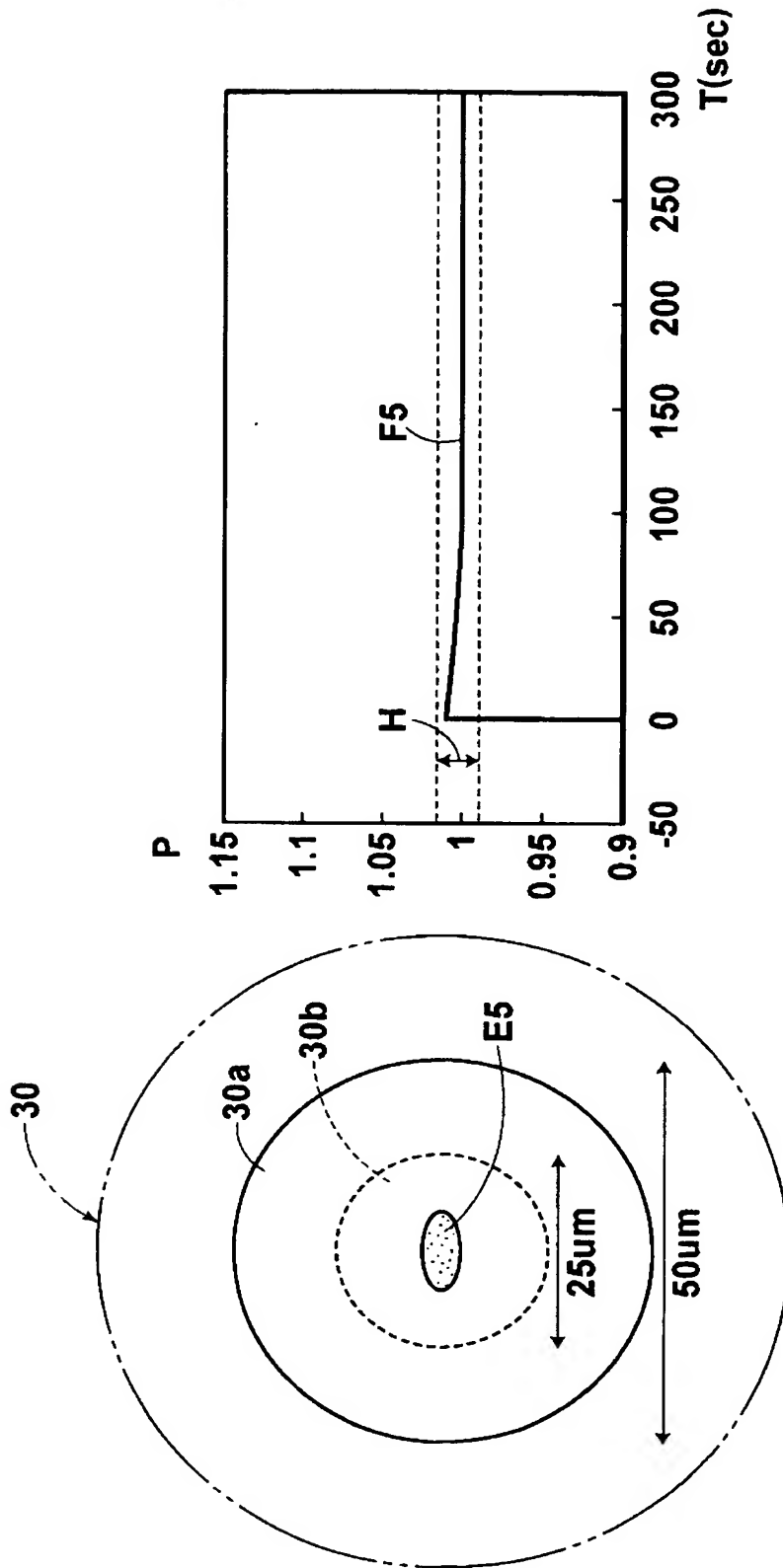
【図 3】



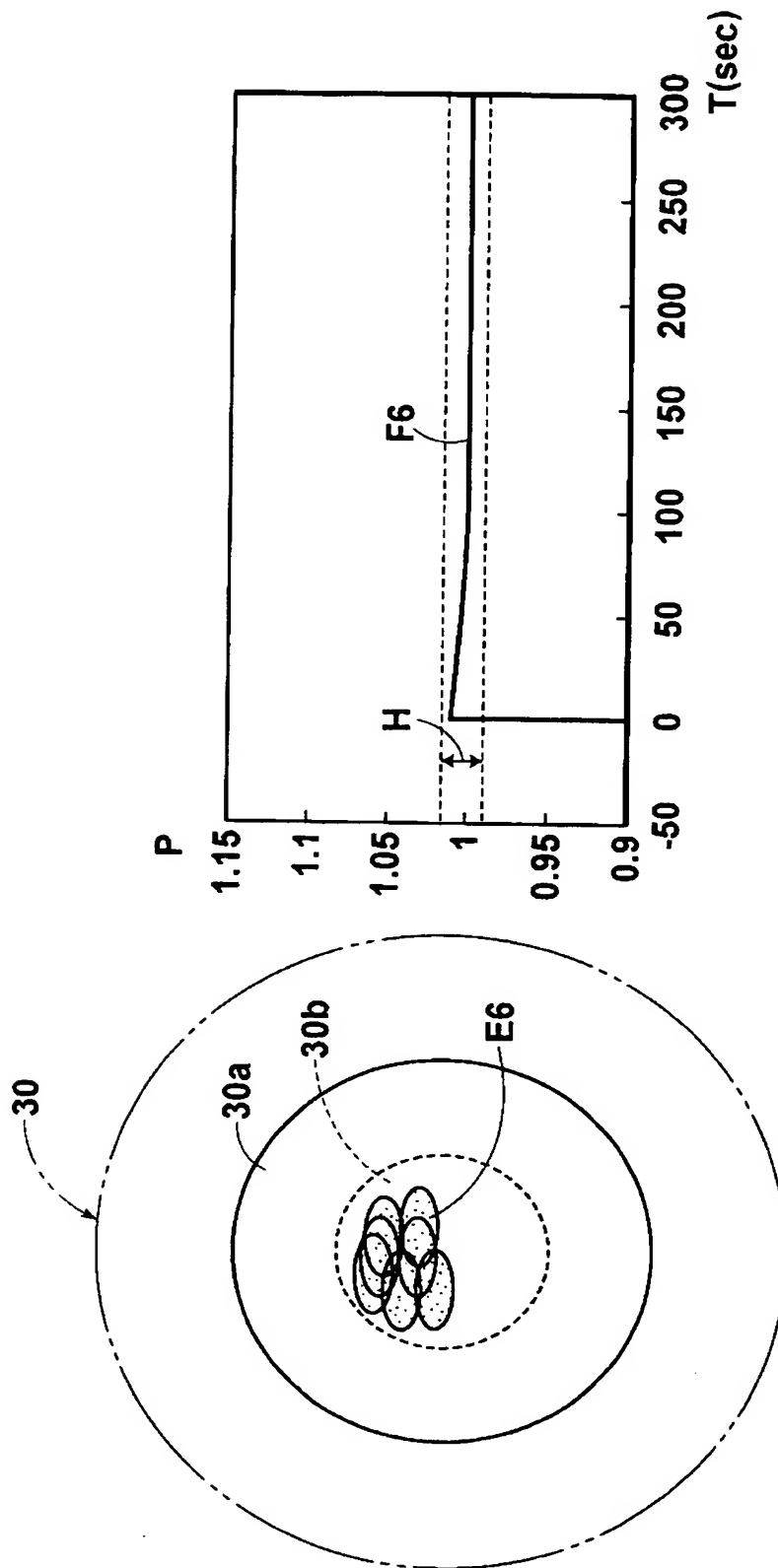
【図 4】



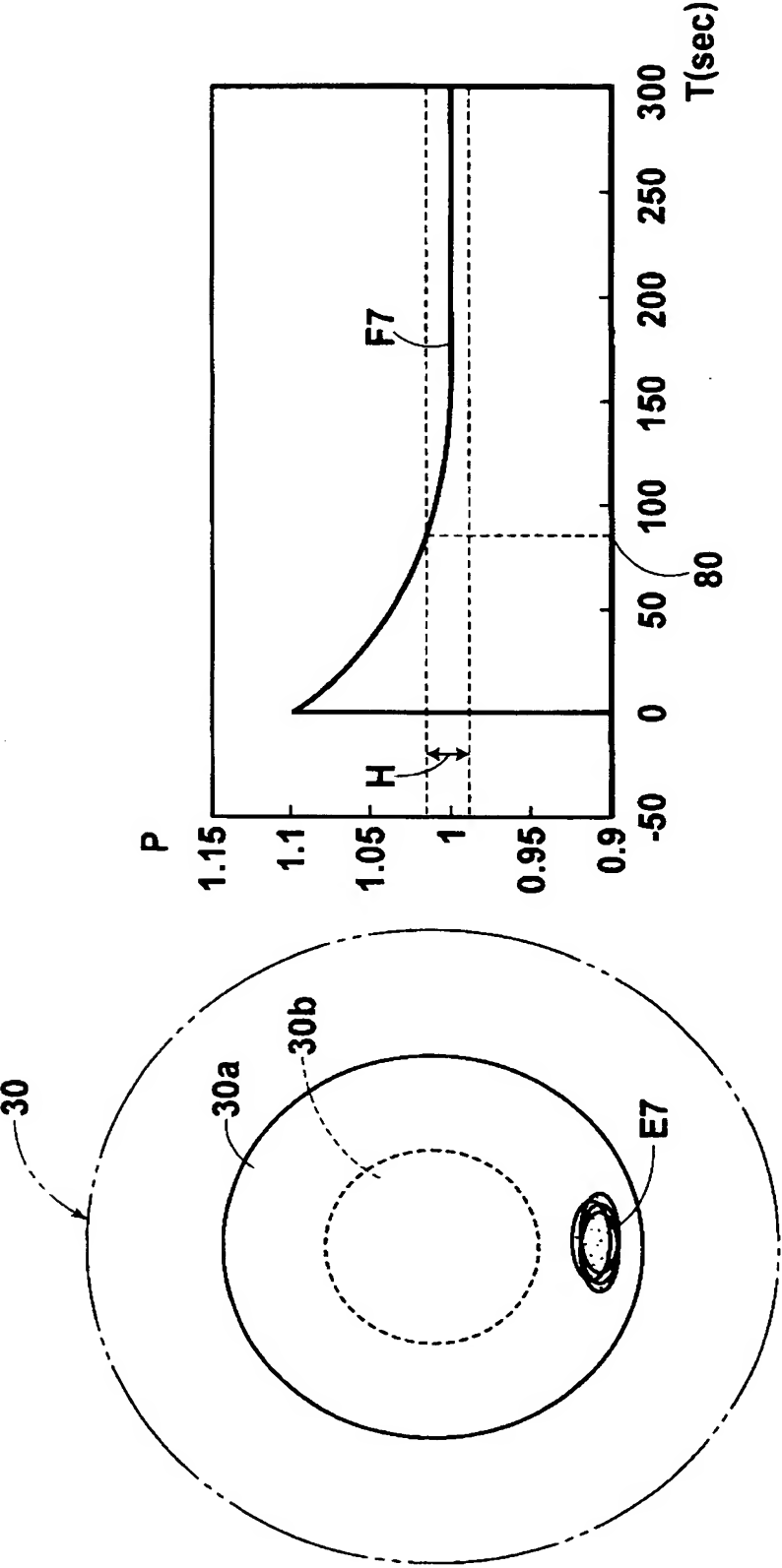
【図 5】



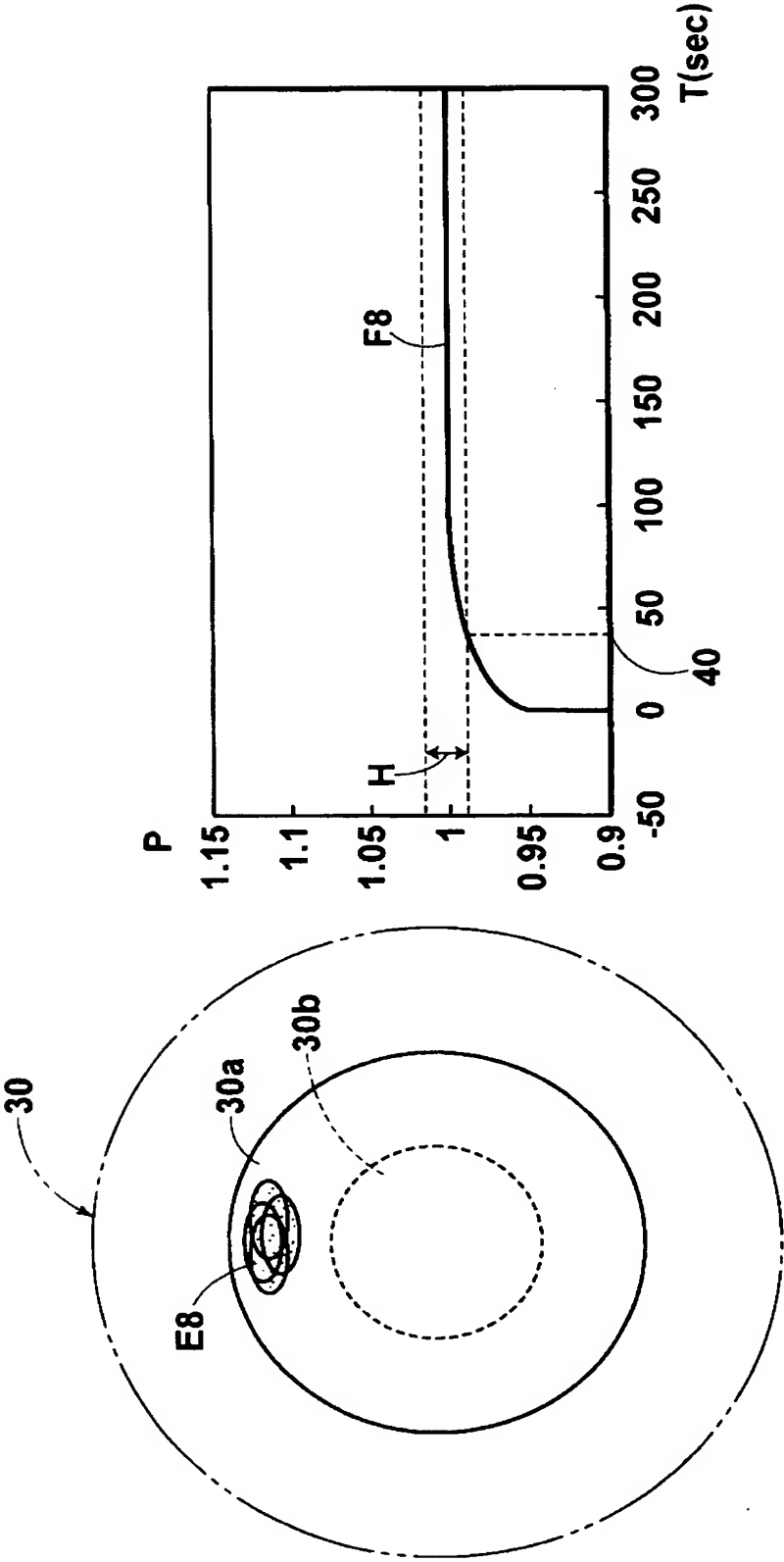
【図 6】



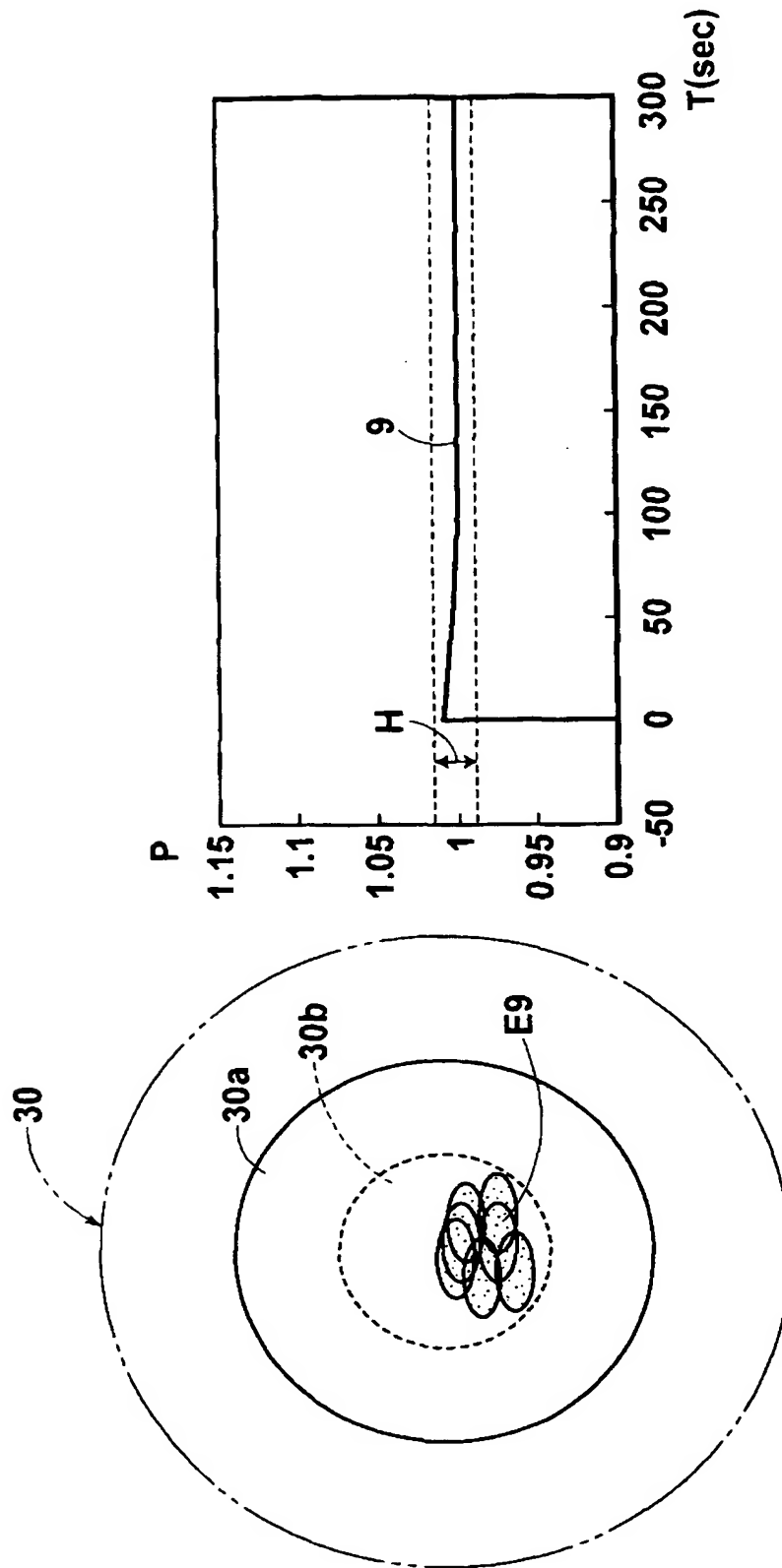
【図 7】



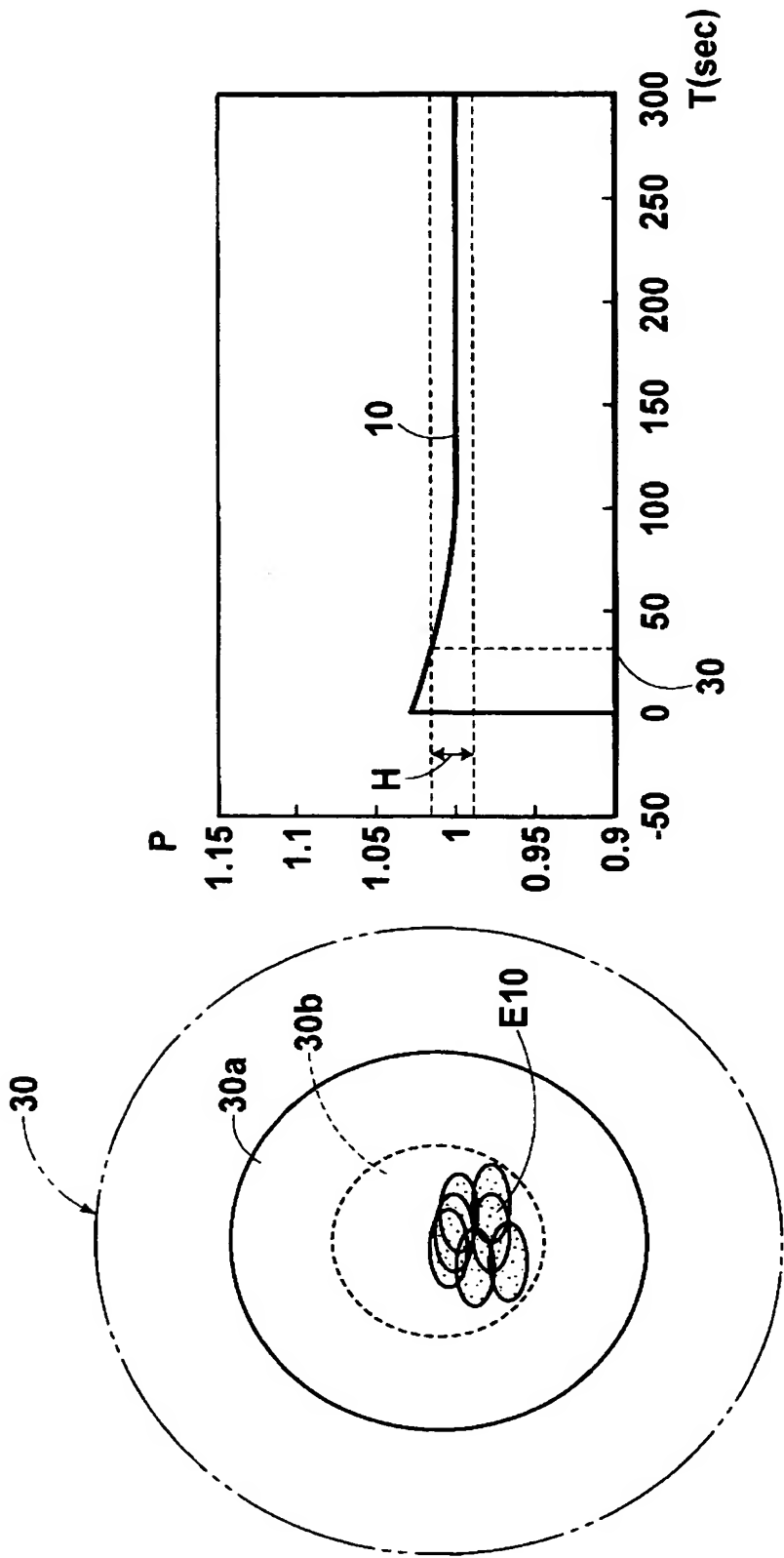
【図 8】



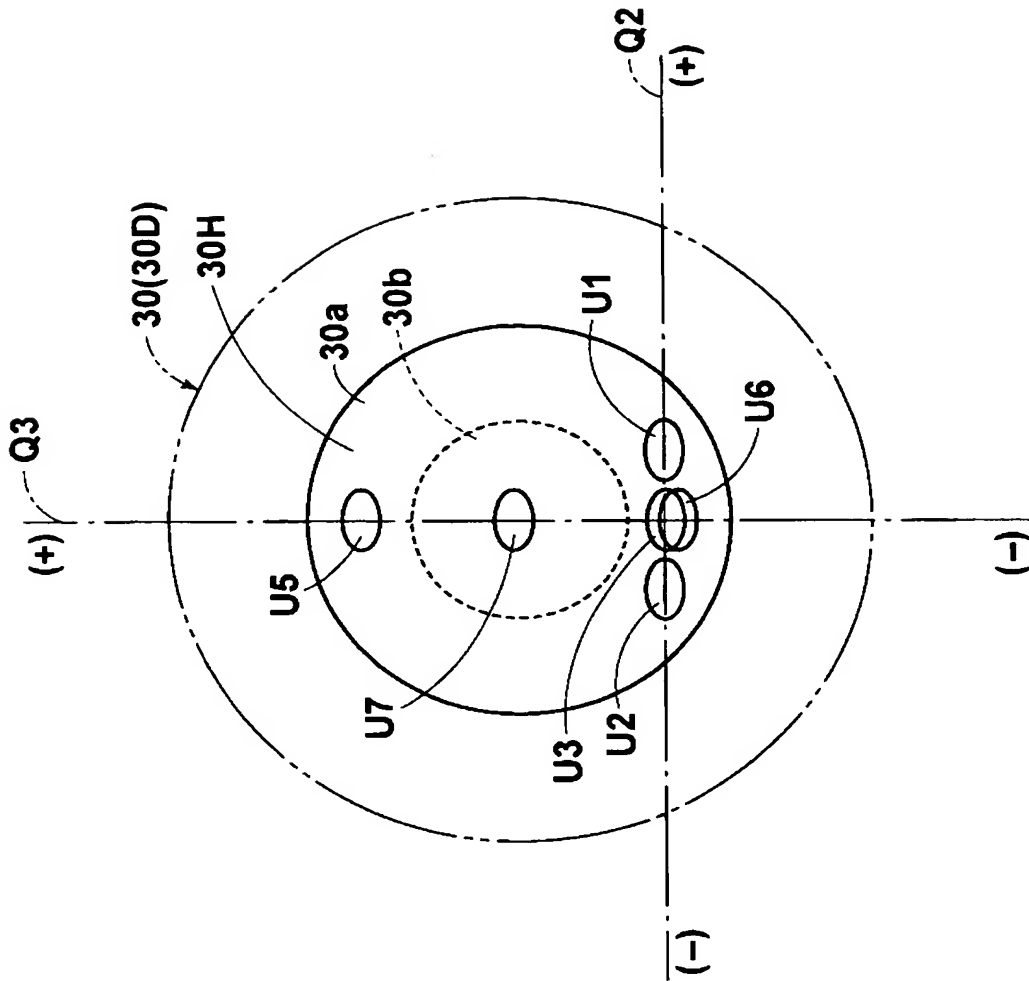
【図 9】



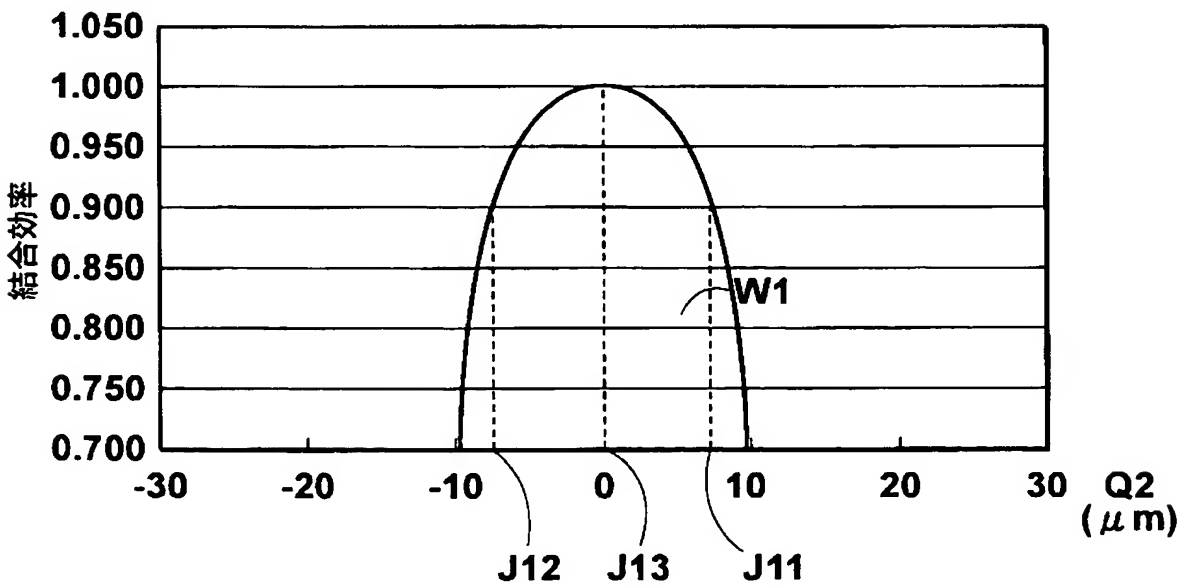
【図 10】



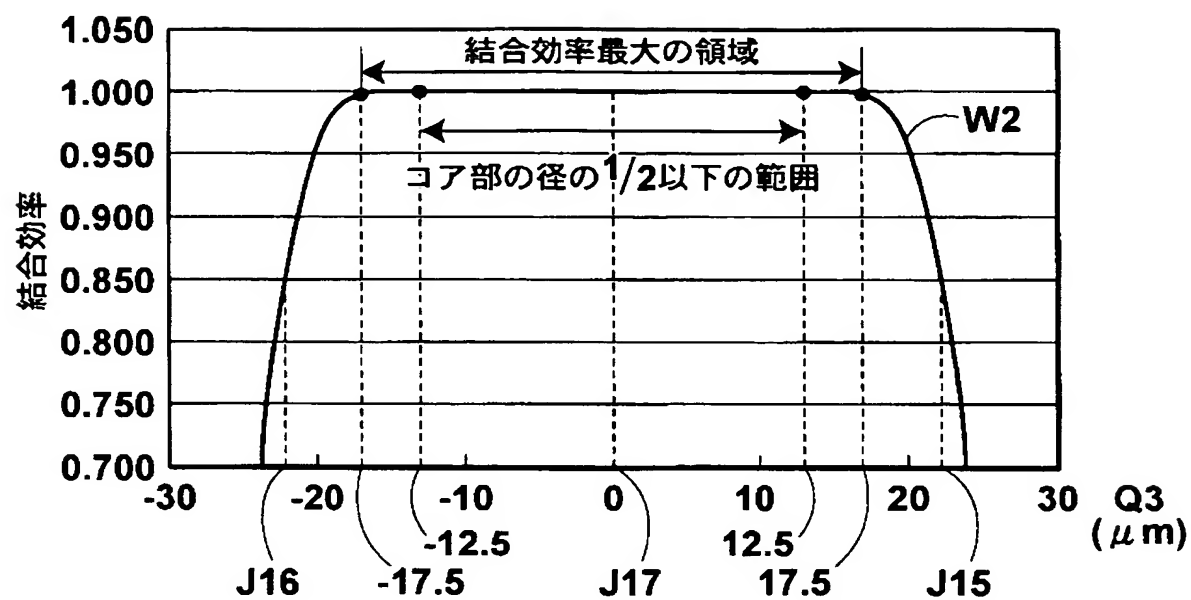
【図 11】



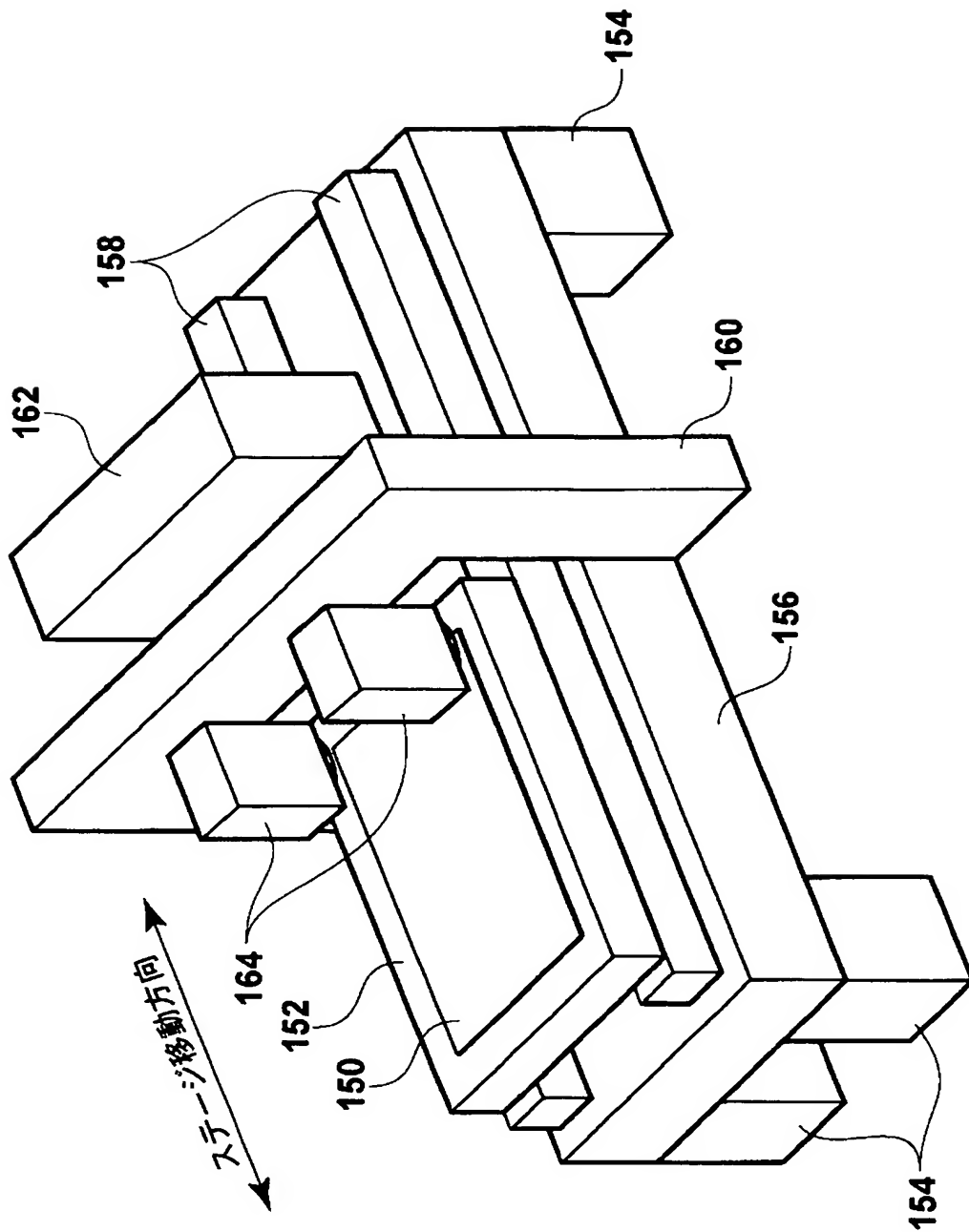
【図 12】



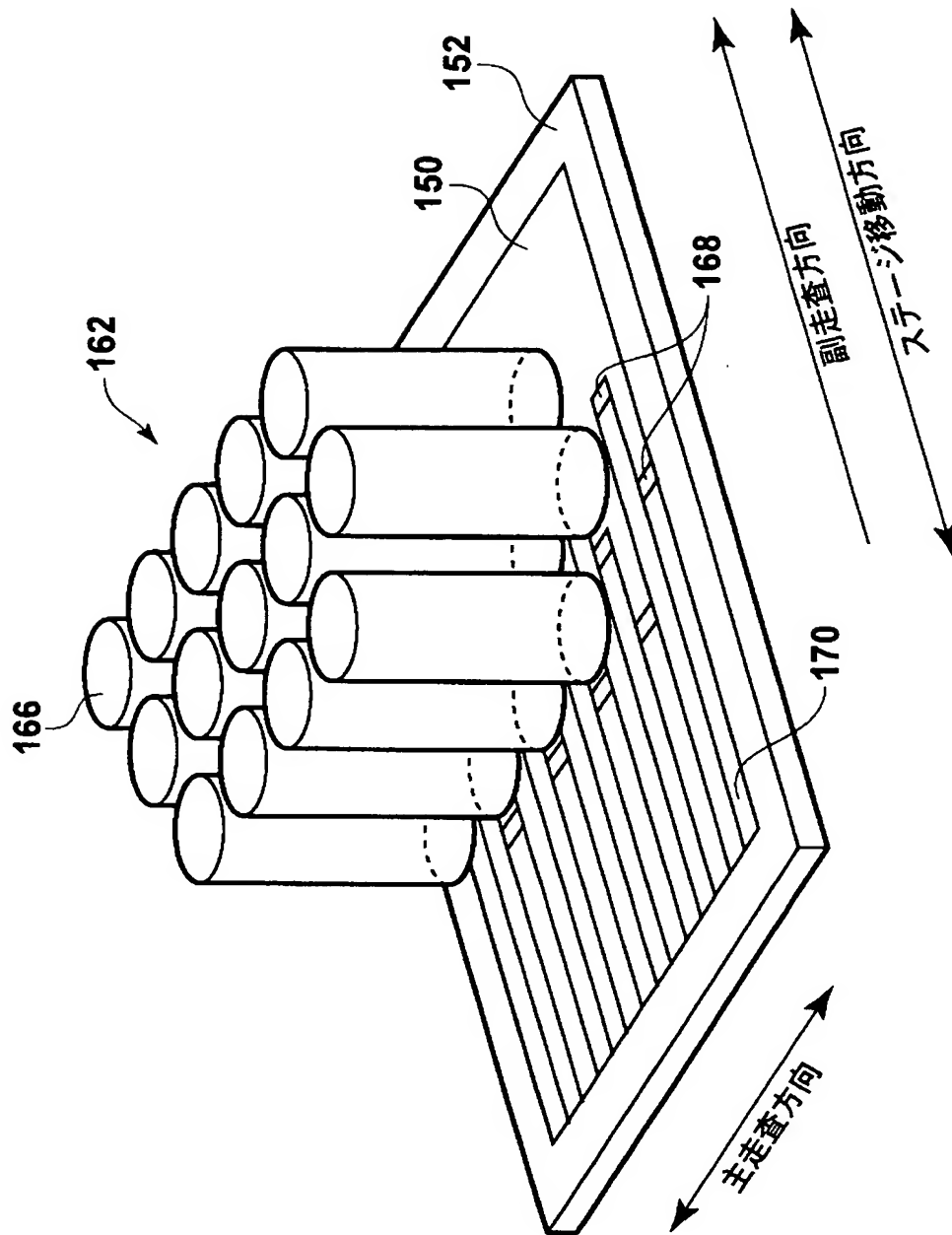
【図 13】



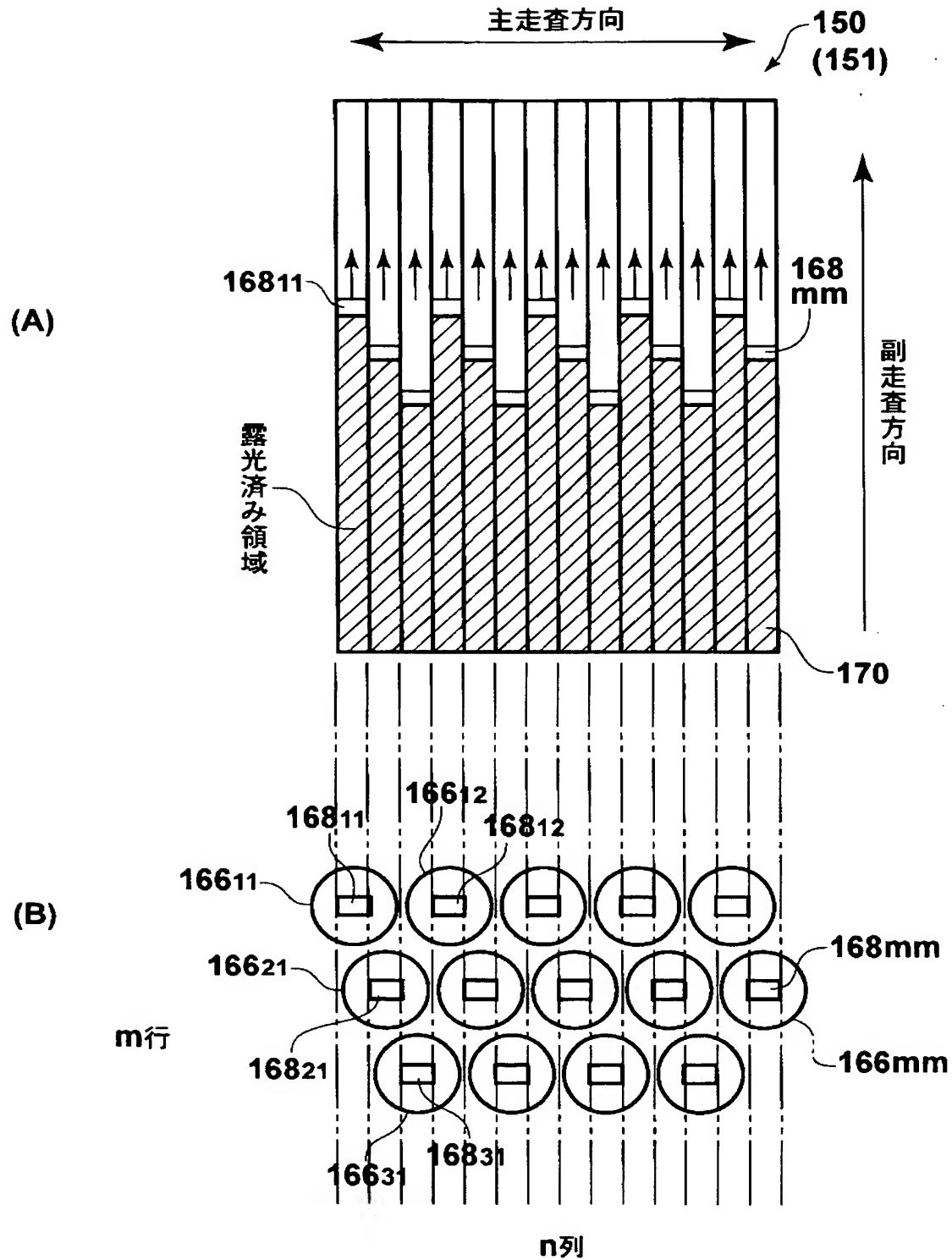
【図 14】



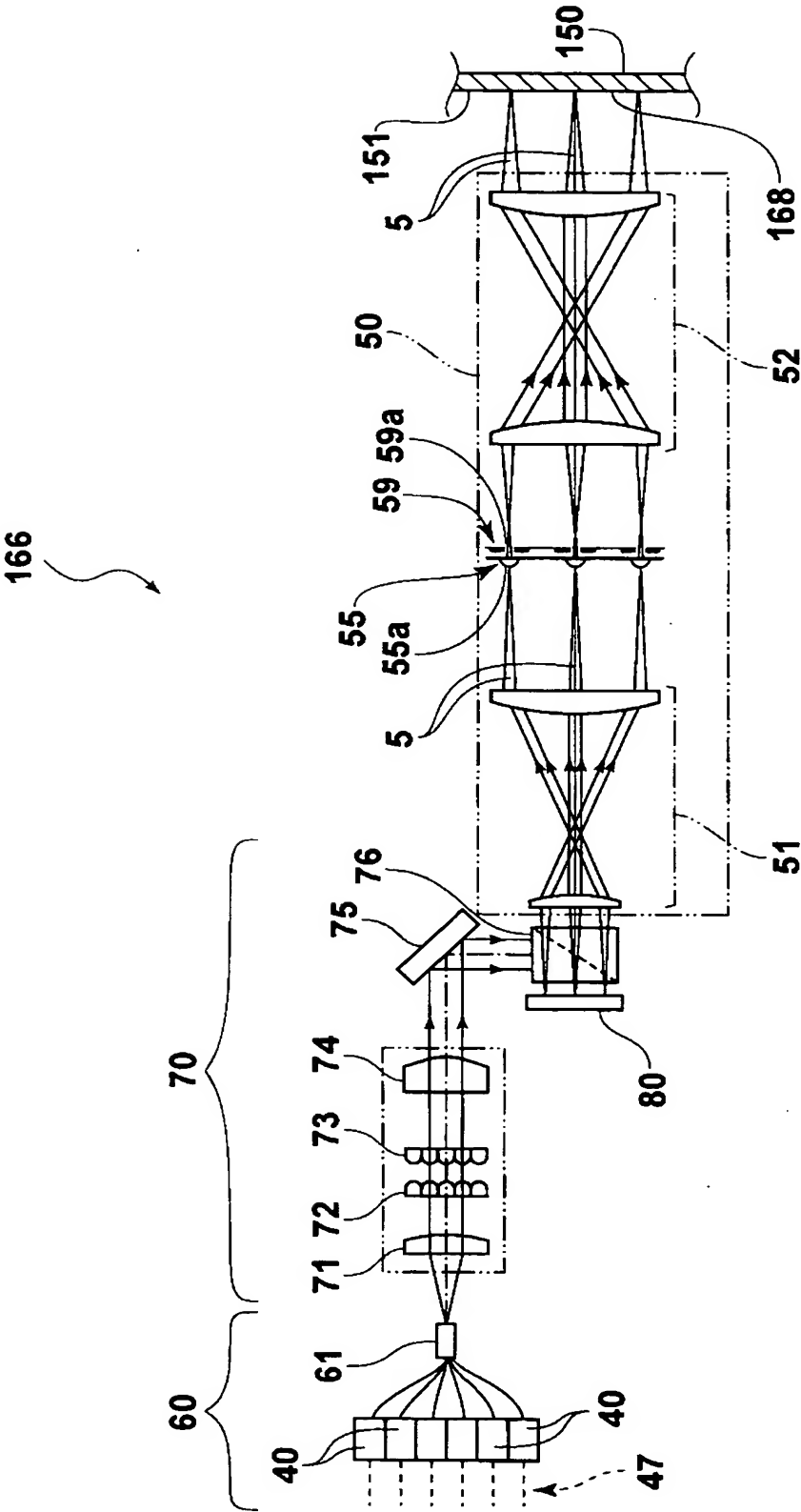
【図 15】



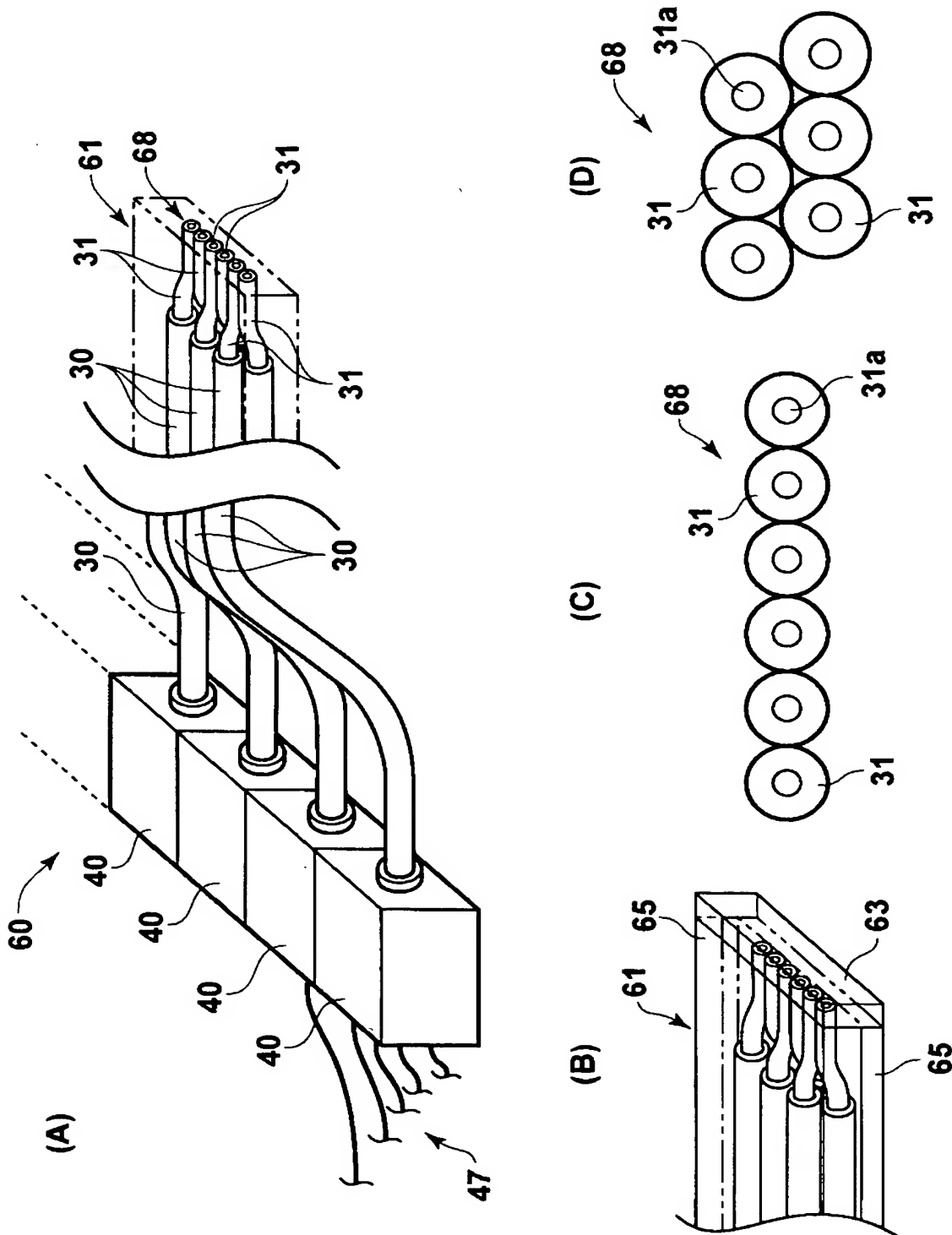
【図 16】



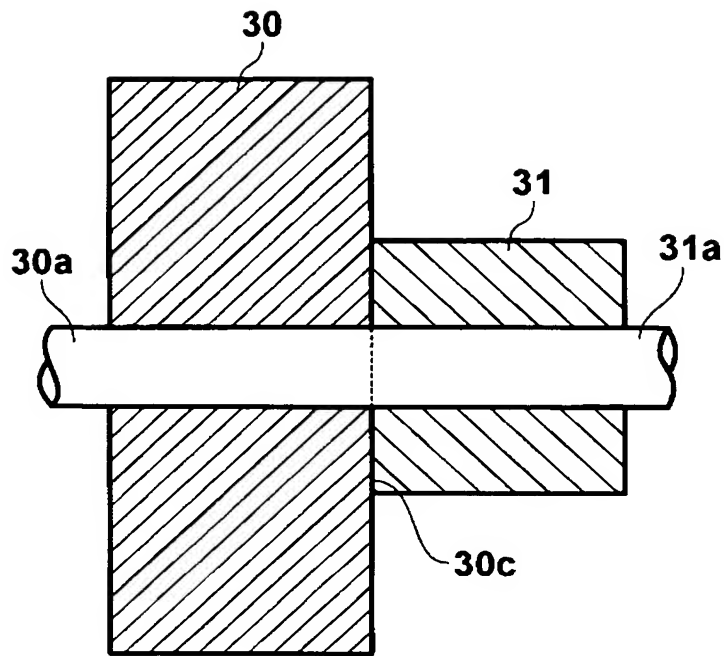
【図 18】



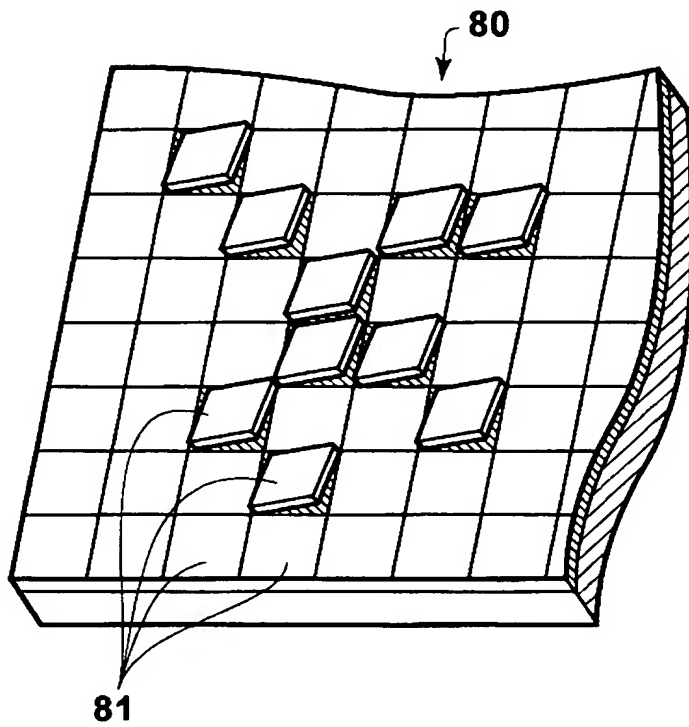
【図 19】



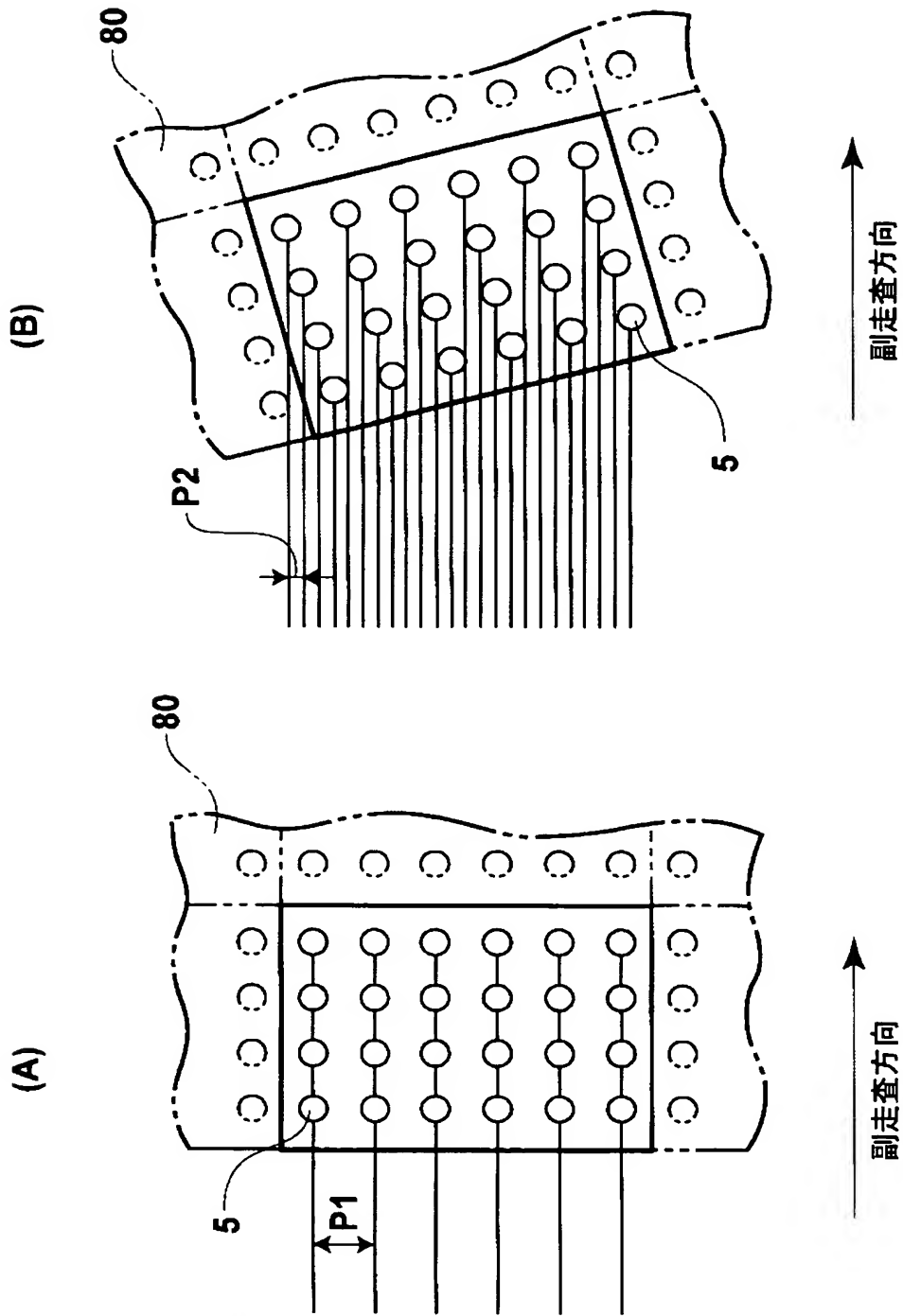
【図 20】



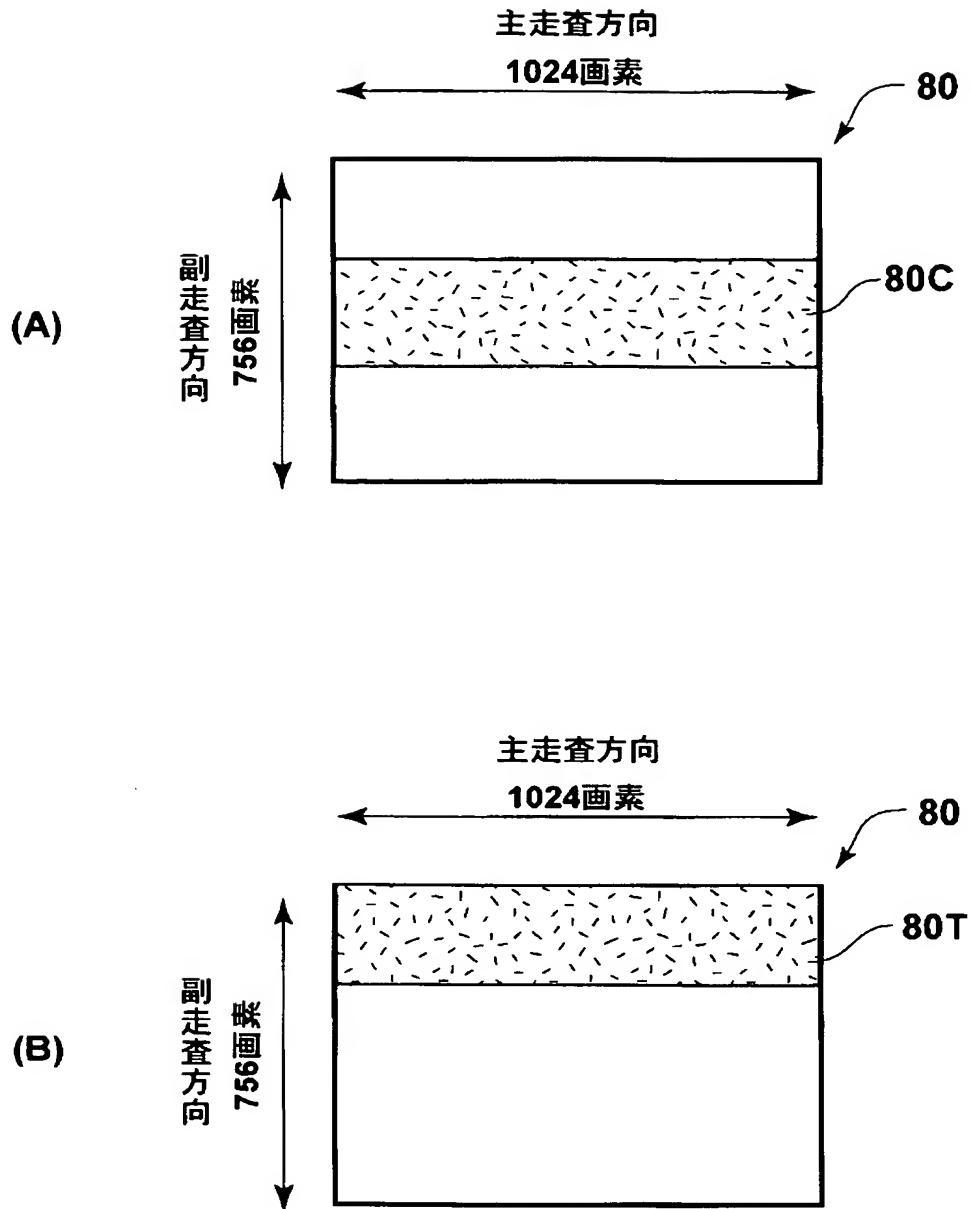
【図 21】



【図 22】



【図 23】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザ光合波光源において、光源が立上がるまでの時間を短縮する。

【解決手段】 定常温調状態において、複数の半導体レーザLD1～LD7から射出された各レーザ光束からなる全体光束BBをコリメートレンズ11～17と集光レンズ20とを通して収束させ、光ファイバ30のコア部30aの径の1/2以下の径を有するこのコア部端面の同心領域に入射させてコア部30a中に合波させる。コア部30a中に合波させたレーザ光束をこの光ファイバ30を通して射出端30Eから射出する。

【選択図】 図4

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-083125
受付番号	50300483093
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成15年 4月 1日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年 3月25日
【特許出願人】	
【識別番号】	000005201
【住所又は居所】	神奈川県南足柄市中沼 210 番地
【氏名又は名称】	富士写真フイルム株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100073184
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3-18-3 新横 浜 K S ビル 7 階
【氏名又は名称】	柳田 征史
【選任した代理人】	
【識別番号】	100090468
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3-18-3 新横 浜 K S ビル 7 階
【氏名又は名称】	佐久間 剛

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 8 3 1 2 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 0 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 4 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地

氏 名

富士写真フイルム株式会社